

청도IC1교(대구 2@50 S1~S2)-상부구조

1. 설 계 조 건

1) 교 량 제 원

- (1) 교 량 명 : 청도IC1교(대구)
 (3) 교 량 형 식 : Steel Box Girder교
 (4) 교 량 연 장 : 2 @ 50.0 = 100.0m
 (5) 교 량 폭 원 : B = 15.750 m
 (7) 사 각(Skew) : 90.000 °
 (6) Girder 제원 : B = 2.500 m H = 2.400 m
 (2) 교 량 등 급 : 1 등급 (DB-24 및 DL-24 적용)

(10) 사용재료 및 물리적 특성치

① 강 재

▪ 사 용 재 료

주 부 재	SM490
부 부 재	SM400
강재 탄성계수 (E_{st})	205,000 MPa
강재의 전단탄성계수 (G)	79,000 MPa

▪ 허용 응력 (MPa)

(도.설.해 3.3.2.1)

강 종		SS 400 SM 400 SMA400	SM 490	SM490Y SM 520 SMA490	SM 570 SMA570	HSB500	HSB600	HSB800
응력 종류, 판두께 (mm)	40 이하	140	190	215	270	230	270	380
	40 초과 75 이하	130	175 (190)	200 (215)	260 (270)			
	75 초과 100이하			195 (215)	250 (270)			
	축방향 인장응력 및 휨 인장응력							

강 종		SS 400 SM 400 SMA400	SM 490	SM490Y SM 520 SMA490	SM 570 SMA570	HSB500	HSB600	HSB800
응력 종류, 판두께 (mm)								
㉠ 휨 압축응력	40 이하	140	190	215	270	230	270	380
	40 초과 75 이하	130	175 (190)	200 (215)	260 (270)			
	75 초과 100이하			195 (215)	250 (270)			
전단응력	40 이하	80	110	125	155	135	155	220
	40 초과 75 이하	75	100 (110)	115 (125)	150 (155)			
	75 초과 100이하			115 (125)	145 (155)			
지압응력 (강판과 강판 사이)	40 이하	210	285	325	405	345	405	570
	40 초과 75 이하	195	265 (285)	300 (325)	390 (405)			
	75 초과 100이하			295 (325)	375 (405)			

※ TMC 강재일 경우에는 ()안의 값을 적용한다.

압축플랜지가 콘크리트 바닥판 등에 직접 고정되어 있는 경우, 상자형 단면, π형 단면과 같이 횡자굴이 일어나기 어려운 경우 휨 압축응력 적용

▪ 항복 응력 (MPa)

(10도.설.해 3.2.5)

강 종		SS 400 SM 400 SMA400	SM 490	SM490Y SM 520 SMA490	SM 570 SMA570	HSB500	HSB600	HSB800
응력 종류, 판두께 (mm)								
기준 항복점	40 이하	235	315	355	450	380	450	690
	40 초과 75 이하	215	295 (315)	335 (355)	430 (450)			
	75 초과 100이하			325 (355)	420 (450)			

※ TMC 강재일 경우에는 ()안의 값을 적용하고, HSB 600인 경우에는 []안의 값을 적용한다.

강종 판두께 (mm)	SS 400 SM 400 SMA400	SM 490 [SM490C-TMC]	SM490Y SM 520 SMA490 [SM520C-TMC]	SM 570 SMA570 [SM570-TMC]
40 이하	$140 : \frac{l}{r} \leq 18.6$ $140 - 0.82 \left(\frac{l}{r} - 18.6 \right) :$ $18.6 < \frac{l}{r} \leq 92.8$ $\frac{1,200,000}{6,700 + \left(\frac{l}{r} \right)^2} : 92.8 < \frac{l}{r}$	$190 : \frac{l}{r} \leq 16.0$ $190 - 1.29 \left(\frac{l}{r} - 16.0 \right) :$ $16.0 < \frac{l}{r} \leq 80.1$ $\frac{1,200,000}{5,000 + \left(\frac{l}{r} \right)^2} : 80.1 < \frac{l}{r}$	$215 : \frac{l}{r} \leq 15.1$ $215 - 1.55 \left(\frac{l}{r} - 15.1 \right) :$ $15.1 < \frac{l}{r} \leq 75.5$ $\frac{1,200,000}{4,400 + \left(\frac{l}{r} \right)^2} : 75.5 < \frac{l}{r}$	$270 : \frac{l}{r} \leq 13.4$ $270 - 2.19 \left(\frac{l}{r} - 13.4 \right) :$ $13.4 < \frac{l}{r} \leq 67.1$ $\frac{1,200,000}{3,500 + \left(\frac{l}{r} \right)^2} : 67.1 < \frac{l}{r}$
40 초과 75 이하	$130 : \frac{l}{r} \leq 19.4$ $130 - 0.73 \left(\frac{l}{r} - 19.4 \right) :$ $19.4 < \frac{l}{r} \leq 97$ $\frac{1,200,000}{7,300 + \left(\frac{l}{r} \right)^2} : 97 < \frac{l}{r}$	$175 : \frac{l}{r} \leq 16.6$ $175 - 1.15 \left(\frac{l}{r} - 16.6 \right) :$ $16.6 < \frac{l}{r} \leq 82.8$ $\frac{1,200,000}{5,300 + \left(\frac{l}{r} \right)^2} : 82.8 < \frac{l}{r}$	$200 : \frac{l}{r} \leq 15.5$ $200 - 1.4 \left(\frac{l}{r} - 15.5 \right) :$ $15.5 < \frac{l}{r} \leq 77.7$ $\frac{1,200,000}{4,700 + \left(\frac{l}{r} \right)^2} : 77.7 < \frac{l}{r}$	$260 : \frac{l}{r} \leq 13.7$ $260 - 2.07 \left(\frac{l}{r} - 13.7 \right) :$ $13.7 < \frac{l}{r} \leq 68.6$ $\frac{1,200,000}{3,600 + \left(\frac{l}{r} \right)^2} : 68.6 < \frac{l}{r}$
75 초과 100 이하	$195 : \frac{l}{r} \leq 15.8$ $195 - 1.35 \left(\frac{l}{r} - 15.8 \right) :$ $15.8 < \frac{l}{r} \leq 78.9$ $\frac{1,200,000}{4,800 + \left(\frac{l}{r} \right)^2} : 78.9 < \frac{l}{r}$	$250 : \frac{l}{r} \leq 13.9$ $250 - 1.96 \left(\frac{l}{r} - 13.9 \right) :$ $13.9 < \frac{l}{r} \leq 69.4$ $\frac{1,200,000}{3,700 + \left(\frac{l}{r} \right)^2} : 69.4 < \frac{l}{r}$		
비고	l : 부재의 유효 좌굴길이 (mm) r : 부재 총단면의 단면 회전 반경 (mm)			

※ TMC 강재일 경우에는 일반강재에 40이하 값을 사용함

강종 판두께 (mm)	HSB500	HSB600	HSB800	비 고
80 이하	$230 : \frac{l}{r} \leq 14.6$ $230 - 1.72 \left(\frac{l}{r} - 14.6 \right) :$ $14.6 < \frac{l}{r} \leq 73.0$ $\frac{1,200,000}{4,100 + \left(\frac{l}{r} \right)^2} : 73.0 < \frac{l}{r}$	$270 : \frac{l}{r} \leq 13.4$ $270 - 2.19 \left(\frac{l}{r} - 13.4 \right) :$ $13.4 < \frac{l}{r} \leq 67.1$ $\frac{1,200,000}{3,500 + \left(\frac{l}{r} \right)^2} : 67.1 < \frac{l}{r}$	$380 : \frac{l}{r} \leq 18.0$ $380 - 4.18 \left(\frac{l}{r} - 18.0 \right) :$ $18.0 < \frac{l}{r} \leq 54.2$ $\frac{1,200,000}{2,300 + \left(\frac{l}{r} \right)^2} : 54.2 < \frac{l}{r}$	
80 초과 100 이하				
비고	l : 부재의 유효 좌굴길이 (mm) r : 부재 총단면의 단면 회전 반경 (mm)			

강 종		SS 400 SM 400 SMA400	SM 490 [SM490C-TMC]	SM490Y SM 520 SMA490 [SM520C-TMC]	SM 570 SMA570 SM570C-TMC]
판두께 (mm)					
$\frac{A_w}{A_c} \leq 2$	40 이하	$140 : \frac{l}{b} \leq 4.6$ $140 - 2.49(\frac{l}{b} - 4.6) :$ $4.6 < \frac{l}{b} \leq 30$	$190 : \frac{l}{b} \leq 4.0$ $190 - 3.91(\frac{l}{b} - 4.0) :$ $4.0 < \frac{l}{b} \leq 30$	$215 : \frac{l}{b} \leq 3.8$ $215 - 4.69(\frac{l}{b} - 3.8) :$ $3.8 < \frac{l}{b} \leq 27$	$270 : \frac{l}{b} \leq 3.4$ $270 - 6.64(\frac{l}{b} - 3.4) :$ $3.4 < \frac{l}{b} \leq 25$
	40 초과 75 이하	$130 : \frac{l}{b} \leq 4.9$	$175 : \frac{l}{b} \leq 4.1$	$200 : \frac{l}{b} \leq 3.9$ $200 - 4.24(\frac{l}{b} - 3.9) :$ $3.9 < \frac{l}{b} \leq 27$	$260 : \frac{l}{b} \leq 3.4$ $260 - 6.25(\frac{l}{b} - 3.4) :$ $3.4 < \frac{l}{b} \leq 25$
	75 초과 100 이하	$130 - 2.21(\frac{l}{b} - 4.9) :$ $4.9 < \frac{l}{b} \leq 30$	$175 - 3.48(\frac{l}{b} - 4.1) :$ $4.1 < \frac{l}{b} \leq 30$	$195 : \frac{l}{b} \leq 3.9$ $195 - 4.07(\frac{l}{b} - 3.9) :$ $3.9 < \frac{l}{b} \leq 27$	$250 : \frac{l}{b} \leq 3.5$ $250 - 5.94(\frac{l}{b} - 3.5) :$ $3.5 < \frac{l}{b} \leq 25$
$\frac{A_w}{A_c} > 2$	40 이하	$140 : \frac{l}{b} \leq \frac{9.3}{K}$ $140 - 1.24(K\frac{l}{b} - 9.3) :$ $\frac{9.3}{K} < \frac{l}{b} \leq 30$	$190 : \frac{l}{b} \leq \frac{8.0}{K}$ $190 - 1.95(K\frac{l}{b} - 8.0) :$ $\frac{8.0}{K} < \frac{l}{b} \leq 30$	$215 : \frac{l}{b} \leq \frac{7.5}{K}$ $215 - 2.35(K\frac{l}{b} - 7.5) :$ $\frac{7.5}{K} < \frac{l}{b} \leq 27$	$270 : \frac{l}{b} \leq \frac{6.7}{K}$ $270 - 3.32(K\frac{l}{b} - 6.7) :$ $\frac{6.7}{K} < \frac{l}{b} \leq 25$
	40 초과 75 이하	$130 : \frac{l}{b} \leq \frac{9.7}{K}$	$175 : \frac{l}{b} \leq \frac{8.3}{K}$	$200 : \frac{l}{b} \leq \frac{7.8}{K}$ $200 - 2.12(K\frac{l}{b} - 7.8) :$ $\frac{7.8}{K} < \frac{l}{b} \leq 27$	$260 : \frac{l}{b} \leq \frac{6.9}{K}$ $260 - 3.12(K\frac{l}{b} - 6.9) :$ $\frac{6.9}{K} < \frac{l}{b} \leq 25$
	75 초과 100 이하	$130 - 1.10(K\frac{l}{b} - 9.7) :$ $\frac{9.7}{K} < \frac{l}{b} \leq 30$	$175 - 1.74(K\frac{l}{b} - 8.3) :$ $\frac{8.3}{K} < \frac{l}{b} \leq 30$	$195 : \frac{l}{b} \leq \frac{7.9}{K}$ $195 - 2.04(K\frac{l}{b} - 7.9) :$ $\frac{7.9}{K} < \frac{l}{b} \leq 27$	$250 : \frac{l}{b} \leq \frac{6.9}{K}$ $250 - 2.97(K\frac{l}{b} - 6.9) :$ $\frac{6.9}{K} < \frac{l}{b} \leq 25$
비 고		A_w : 복부판의 총 단면적 (mm ²) A_c : 압축플랜지의 총단면적 (mm ²) l : 압축플랜지의 고정점간의 거리 (mm) b : 압축플랜지의 폭 (mm) $K : \sqrt{3 + \frac{A_w}{2A_c}}$			

※ TMC 강재일 경우에는 ()안의 값을 적용한다.

강 종		HSB500	HSB600	HSB800	비 고
판두께 (mm)					
$\frac{A_w}{A_c} \leq 2$	100 이하	$230 : \frac{l}{b} \leq 3.6$ $230 - 5.19(\frac{l}{b} - 3.6) :$ $3.6 < \frac{l}{b} \leq 27$	$270 : \frac{l}{b} \leq 3.4$ $270 - 6.64(\frac{l}{b} - 3.4) :$ $3.4 < \frac{l}{b} \leq 25$	$380 : \frac{l}{b} \leq 5.4$ $380 - 12.63(\frac{l}{b} - 5.4) :$ $5.4 < \frac{l}{b} \leq 19$	
$\frac{A_w}{A_c} > 2$	100 이하	$230 : \frac{l}{b} \leq \frac{7.3}{K}$ $230 - 2.60(K\frac{l}{b} - 7.3) :$ $\frac{7.3}{K} < \frac{l}{b} \leq 27$	$270 : \frac{l}{b} \leq \frac{6.7}{K}$ $270 - 3.32(K\frac{l}{b} - 6.7) :$ $\frac{6.7}{K} < \frac{l}{b} \leq 25$	$380 : \frac{l}{b} \leq \frac{10.8}{K}$ $380 - 6.13(K\frac{l}{b} - 10.8) :$ $\frac{10.8}{K} < \frac{l}{b} \leq 19$	
비 고		A_w : 복부판의 총 단면적 (mm^2) A_c : 압축플랜지의 총단면적 (mm^2) l : 압축플랜지의 고정점간의 거리 (mm) b : 압축플랜지의 폭 (mm) $K : \sqrt{3 + \frac{A_w}{2A_c}}$			

▪ 강재 주거더의 허용응력 증가율

(10 도.설.해 3.9.3.1)

하중의 조합			증 가 율 (%)	
			정의 휨모멘트를 받는 부분	부의 휨모멘트를 받는 부분
1	크리프의 영향과 건조수축의 영향을 제외한 주하중		0	0
2	주 하 중	압 축 연	15	0
		인 장 연	0	0
3	주하중 + 바닥판 콘크리트와 강재 주거더와의 온도차	압 축 연	30	15
		인 장 연	15	15
4	가설시 하중	압 축 연	25	25
		인 장 연	25	25

▪ 마찰 이음용 고장력 볼트 허용력 (kN) (1볼트 1마찰면 마다)

(10 도.설.해 3.3.2.3)

볼트의 등급	F 8 T	F 10 T	S 10 T	F 13 T	S 13 T
나사호칭					
M 20	31	39	39	50	50
M 22	39	48	48	63	63
M 24	45	56	56	73	73
M 27	58	73	73	-	-
M 30	71	89	89	-	-

② 바닥판 콘크리트 (도.설.해 3.9.2.7, 도.설.해 3.9.2.8, 도.설.해 4.2.3, 도.설.해 4.6.3.3)

콘크리트 설계 기준강도 (f_{ck})	27.0	MPa
콘크리트 탄성계수 (E_c)	26,702	MPa
전단 탄성계수 (G_c)	11,444	MPa
탄성계수비 (n)	7	
바닥판 콘크리트와 강재 주거더와의 온도차	10	℃
바닥판 콘크리트와 강재의 선팽창계수 (α)	0.000012	
건조수축 계수 (ϵ_s)	0.000270	
CREEP 계수 (ϕ_2)	$\phi_2 = 2\phi_1$: 4	

③ 바닥판 철근

철근 설계 항복강도 (f_y)	400	MPa
철근 탄성계수 (E_s)	200,000	MPa
허용압축응력 (f_{ca})	180	MPa
허용인장응력 (f_{ta})	160	MPa

2) 하 중 조 건

(1) 고 정 하 중

(도.설.해 2.1.2)

- ① 철근 콘크리트 : 25.000 kN/m³
- ② 무근 콘크리트 : 23.500 kN/m³
- ③ 강 재 : 78.500 kN/m³
- ④ 포장 콘크리트 : 23.000 kN/m³

(2) 활 하 중

(도.설.해 2.1.3)

① 설계 차선수 산정

$$W_c = 15.015 \text{ m}, N = 4 \text{ 차로}$$

$$W = 15.015 / 4 = 3.754 \text{ m} > 3.600 \text{ m}$$

∴ 설계 차로폭 3.600m마다 4차로 연속으로 재하

② 1등급 교량으로서 DB-24 및 DL-24 하중을 적용한다.

▪ DB-24 하중

- 전륜하중 : $P_f = 24.000 \text{ kN}$

- 후륜하중 : $P_r = 96.000 \text{ kN}$

▪ DL-24 하중

- 차로당 등분포 하중 : $W_l = 12.700 \text{ kN/m}$

- 모멘트 계산시 집중하중 : $P_m = 108.000 \text{ kN}$

③ 충격 계 수

$$i = 15 / (40 + L) = 0.167 < 0.300 \therefore i = 0.167$$

(3) 콘크리트의 Creep와 건조수축의 영향

- 철근 콘크리트의 바닥판의 Creep와 건조수축의 영향에 대한 단면력을 검토한다.

(4) 지점침하에 의한 영향

- 각 지점에서 발생할 수 있는 부등침하의 발생을 가정하여 가장 불리한 단면력을 산정한다.

(5) 온도변화에 대한 영향

- 바닥판과 주형의 온도차 발생시 생기는 단면력 및 응력을 산정하고 이때의 온도 변화는 직선변화 한다고 가정한다.

3) 설 계 방 법

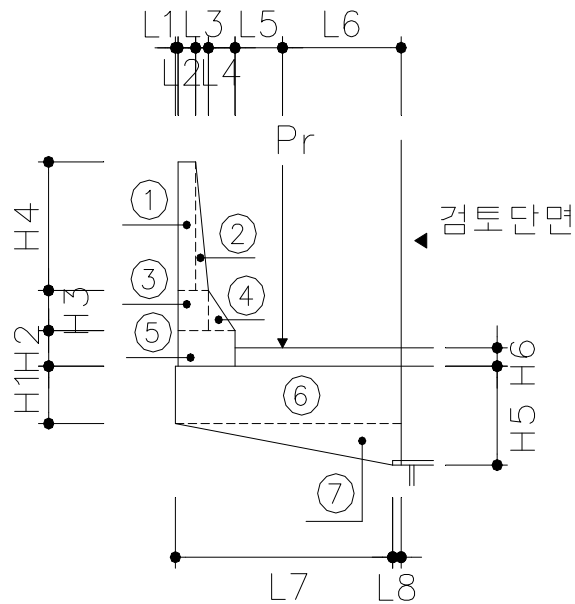
- (1) 바 닥 판 : 강도설계법
- (2) Steel Box Girder : 허용응력 설계법

4) 참 고 문 헌

- (1) 도로교 설계기준 (2010)
- (2) 도로교 설계기준 해설 (2008)
- (3) 콘크리트 구조 설계기준 (2007)
- (4) 도로설계 편람 (2008)
- (5) 도로설계 요령 (2001)
- (6) 강구조 편람 (1995)
- (7) 강도로교 상세부 설계지침 (2006)

1. 바닥판설계

1-1. 좌측 캔틸레버부



콘크리트 단위중량	: 25.000 kN/m ³	H1 =	0.250 m	L1 =	0.005 m
포장 단위중량	: 23.000 kN/m ³	H2 =	0.075 m	L2 =	0.095 m
설계 속도	: 120.000 km/h	H3 =	0.175 m	L3 =	0.060 m
트럭의 1후륜하중 (Pr)	: 96.000 kN	H4 =	0.560 m	L4 =	0.125 m
곡선 반경(R)	: ∞ m	H5 =	0.300 m	L5 =	0.300 m
		H6 =	0.080 m	L6 =	0.490 m
				L7 =	1.025 m
				L8 =	0.050 m
				L9 =	0.000 m

가) 고정하중

NO.	작 용 하 중 (kN)	거리 (m)	모멘트(kN · m)
1	$0.095 \times 0.56 \times 25 = 1.330$	1.023	1.360
2	$\frac{1}{2} \times 0.06 \times 0.56 \times 25 = 0.420$	0.955	0.401
3	$0.155 \times 0.175 \times 25 = 0.678$	0.993	0.673
4	$\frac{1}{2} \times 0.125 \times 0.175 \times 25 = 0.273$	0.873	0.239
5	$0.28 \times 0.075 \times 25 = 0.525$	0.930	0.488
6	$1.075 \times 0.25 \times 25 = 6.719$	0.538	3.611
7	$\frac{1}{2} \times 1.075 \times 0.05 \times 25 = 0.672$	0.358	0.241
8	$0.08 \times 0.790 \times 23 = 1.454$	0.395	0.574
TOTAL	12.071		7.587

$$\therefore M_d = 7.587 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

나) 활하중 (DB-24 : Pr = 96 kN)

윤하중 분포폭 (도.설 3.6.1.4)

$$E = 0.8 \cdot X + 1.14 = 0.8 \times 0.49 + 1.14 = 1.532 \text{ m} \quad \text{여기서, } X = 0.490 \text{ m}$$

충격계수 (도.설 2.1.4)

$$i = 15 / (40 + L) = 15 / (40 + 0.49) = 0.37 > 0.3 \quad \therefore i = 0.3$$

$$MI+i = Pr/E \cdot X \cdot (1 + i) = (96 / 1.532) \times 0.49 \times (1 + 0.3) = 39.916 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$$

다) 차량 충돌 하중 (도.설.해 2.4.3.5)

수평충돌력 H는 노면상 1.0m 높이에 교축을 따라 1.0m마다 작용시

$$H = (V/60)^2 \times 7.5 + 2.5 = (120/60)^2 \times 7.5 + 2.5 = 32.500 \text{ kN/m} \quad h = 1.000 \text{ m}$$

$$Mco = 32.500 \times 1.000 = 32.500 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$$

라) 풍하중

$$Pw = 3.0 \text{ kN/m}^2 \times 1.130 \text{ m} = 3.390 \text{ kN/m}$$

$$Mw = 3.390 \text{ kN/m} \times 0.795 \text{ m} = 2.695 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$$

마) 하중 조합 (도.설 2.2.3.2)

계수 모멘트

$$\begin{aligned} \textcircled{1} \quad Mu1 &= 1.3 \text{ Md} + 2.15 \text{ MI}+i \\ &= 1.3 \times 7.587 + 2.15 \times 39.916 = 95.683 \text{ kN} \cdot \text{m/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \textcircled{2} \quad Mu2 &= 1.3 \text{ Md} + 1.3 \text{ MI}+i + 1.3 \text{ Mco} \\ &= 1.3 \times 7.587 + 1.3 \times 39.916 + 1.3 \times 32.5 = 104.004 \text{ kN} \cdot \text{m/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \textcircled{3} \quad Mu3 &= 1.3 \text{ Md} + 1.3 \text{ MI}+i + 0.65 \text{ Mw} \\ &= 1.3 \times 7.587 + 1.3 \times 39.916 + 0.65 \times 2.695 = 63.506 \text{ kN} \cdot \text{m/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \textcircled{4} \quad Mu4 &= 1.2 \text{ Md} + 1.2 \text{ Mw} + 1.2 \text{ Mco} \\ &= 1.2 \times 7.587 + 1.2 \times 2.695 + 1.2 \times 32.5 = 51.339 \text{ kN} \cdot \text{m/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \textcircled{5} \quad Mu5 &= 1.3 \text{ Md} + 1.3 \text{ Mw} \\ &= 1.3 \times 7.587 + 1.3 \times 2.695 = 13.367 \text{ kN} \cdot \text{m/m} \end{aligned}$$

사용 모멘트

$$\begin{aligned} M &= 1.0 \text{ Md} + 1.0 \text{ MI}+i + 0.3 \text{ Mw} \\ &= 1.0 \times 7.587 + 1.0 \times 39.916 + 0.3 \times 2.695 = 48.312 \text{ kN} \cdot \text{m/m} \end{aligned}$$

바) 바닥판의 최소 두께 ($X > 0.25$ 인 경우)

(도.설 3.6.1.5)

$$h_{min} = (80 \cdot L + 230) = \{(80 \times 0.49) + 230\} = 269 \text{ mm}$$

$$h_{use} = 300.0 \text{ mm} > 269.0 \text{ mm} \quad \mathbf{O.K!!}$$

사) 단면검토

◀ 철근량 산정

① 캔틸레버부

[DESIGN CONDITION]

$$f_{ck} = 27 \text{ MPa} \quad f_y = 400 \text{ MPa}$$

$$M_u = 104.004 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$b = 1000 \text{ mm} \quad h = 300.0 \text{ mm}$$

$$d' = 50 \text{ mm} \quad d = 250.0 \text{ mm}$$

$$\phi(\text{Bending}) = 0.85 \quad \beta_1 = 0.85$$

[Req'd d & As]

(콘.설 6.3.2)

$$a = A_s \times f_y / (0.85 \times f_{ck} \times b) = 0.0174 A_s = 27.692 \text{ mm}$$

$$M_u = \phi \times A_s \times f_y \times (d - a/2) = -3.0 A_s^2 + 85000 A_s$$

$$= 104004000$$

$$\epsilon_t = 0.003 \times (H - a/\beta_1 - D_{c_min}) / (a/\beta_1) = 0.02002 > 0.004$$

O.K.!!

$$0.005 < \epsilon_t \quad \phi_f = 0.850$$

$$\therefore \text{Req'd } A_s = 1280.8 \text{ mm}^2$$

$$\text{Min. } A_s = \text{Req'd } A_s \times 4/3 = 1707.7 \text{ mm}^2$$

$$\text{Min. } A_s = 0.002 \times b \times d = 500.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{Min. } A_s = 1.4/f_y \times b \times d = 875.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{Min. } A_s = 0.25 \sqrt{f_{ck}} / f_y \times b \times d = 811.9 \text{ mm}^2$$

$$\text{USE } H 16 @ 125 = 1588.8 \text{ mm}^2$$

$$A_{suse} = 1588.8 \text{ mm}^2$$

O.K. !!

[RE-BAR RATIO CHECK]

$$P = A_s / (b \times d) = 0.00636 < P_{max} = 0.75 \times p_b = 0.0219 \quad \mathbf{O.K.!!}$$

[DESIGN MOMENT CHECK]

$$\text{Max. } c = 0.75 \times 600 / (600 + f_y) \times d = 112.500 \text{ mm} > c = a/0.85 = 32.578 \text{ mm}$$

$$\text{Max. } a = 0.85 \times c = 95.625 \text{ mm} > a = f_y \times A_s / (0.85 \times f_{ck} \times b) = 27.692 \text{ mm}$$

$$j d = d - a/2 = 236.154 \text{ mm}$$

$$C = 0.85 \times f_{ck} \times a \times b = 635.520 \text{ kN} \quad T = f_y \times A_s = 635.520 \text{ kN}$$

$$\phi M_n = \phi f_y \times A_s \times j d = 127.569 \text{ kN} \cdot \text{m} > M_u = 104.004 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad \mathbf{O.K.}$$

아) 사용성(균열) 검토

$$M_{\max} = 48.312 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$$

$$\text{탄성계수비}(n) = 7$$

$$\text{철근비}(p) = A_s / b d = 1588.8 / 1000 \times 250 = 0.0064$$

$$\text{중립축}(k) = -np + \sqrt{\{(np)^2 + 2np\}} = -0.0448 + \sqrt{\{(0.0448)^2 + 2 \times 0.0448\}} = 0.258$$

$$\text{중립축 거리}(x) = k \times d = 0.258 \times 250 = 64.500 \text{ mm}$$

$$j = 1 - (k / 3) = 1 - (0.258 / 3) = 0.914$$

$$\begin{aligned} f_{s\max} &= \frac{M_{\max}}{p b j d^2} = \frac{48.312 \times 1000000}{0.0064 \times 1000 \times 0.914 \times 250^2} \\ &= 132.144 \text{ MPa} < 0.6 f_y = 240.000 \text{ MPa} \quad \mathbf{O.K!!} \end{aligned}$$

$$\text{최소두께}(C_c) = d' - \text{철근직경} / 2 = 50 - 16 / 2 = 42.00 \text{ mm}$$

$$\text{인장연단폭}(S_1) = 375 (210 / f_s) - 2.5 C_c = 375 (210 / 132.144) - 2.5 \times 42 = 494.691 \text{ mm}$$

$$\text{인장연단폭}(S_2) = 300 (210 / f_s) = 300 (210 / 132.144) = 476.753 \text{ mm}$$

$$\text{철근 소요중심간격}(S_a) = \text{Min} (S_1, S_2) = 476.753 \text{ mm}$$

$$\text{철근 평균간격 } S = 125.0 \text{ mm} \leq 476.753 \text{ mm} \quad \mathbf{O.K!!}$$

1-2. 중앙부

가) 고정하중

$$\begin{aligned}
 \text{철근콘크리트 : } & 0.300 \text{ m} \times 25.000 \text{ kN/m}^3 = 7.500 \text{ kN/m}^2 \\
 \text{포장 : } & 0.080 \text{ m} \times 23.000 \text{ kN/m}^3 = 1.840 \text{ kN/m}^2 \\
 \hline
 & W_d = 9.340 \text{ kN/m}^2 \\
 \text{계산지간 } L = & 2.800 \text{ m} \quad \text{바닥판 지점의 수 } n = 6 \\
 M_d = (1/10) \cdot W_d \cdot L^2 = & (1/10) \times 9.34 \times 2.8^2 = 7.323 \text{ kN} \cdot \text{m}
 \end{aligned}$$

나) 활하중 (DB-24 : $P_r = 96.0 \text{ kN}$)

충격계수 (도.설 2.1.4)

$$i = 15 / (40 + L) = 15 / (40 + 2.8) = 0.35 > 0.3 \therefore i = 0.3$$

$$\begin{aligned}
 M_{l+i} &= ((L+0.6) / 9.6) \cdot P_r \cdot (1+i) = ((2.8 + 0.6) / 9.6) \times 96 \times (1 + 0.3) \\
 &= 44.200 \text{ kN} \cdot \text{m}
 \end{aligned}$$

연속바닥판이므로, (도.설 3.6.1.4)

$$M_{l+i} = 0.8 \times 44.2 = 35.360 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$$

다) 하중 조합 (도.설 2.2.3.2)

① 계수 모멘트

$$\begin{aligned}
 M_{u1} &= 1.3 M_d + 2.15 M_{l+i} \\
 &= 1.3 \times 7.323 + 2.15 \times 35.36 = 85.544 \text{ kN} \cdot \text{m/m}
 \end{aligned}$$

① 사용 모멘트

$$\begin{aligned}
 M &= 1.0 M_d + 1.0 M_{l+i} \\
 &= 1.0 \times 7.323 + 1.0 \times 35.36 = 42.683 \text{ kN} \cdot \text{m/m}
 \end{aligned}$$

라) 바닥판의 최소 두께 (도.설 3.6.1.5)

$$h_{min} = (30 \cdot L + 130) = \{(30 \times 2.8) + 130\} = 214 \text{ mm}$$

$$h_{use} = 300.0 \text{ mm} > 214.0 \text{ mm} \quad \mathbf{O.K!!}$$

마) 단면검토

◀ 철근량 산정

① 캔틸레버부

[DESIGN CONDITION]

$$f_{ck} = 27 \text{ MPa} \quad f_y = 400 \text{ MPa}$$

$$M_u = 85.544 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$b = 1000 \text{ mm} \quad h = 300 \text{ mm}$$

$$d' = 50 \text{ mm} \quad d = 250 \text{ mm}$$

$$\emptyset(\text{Bending}) = 0.85 \quad \beta_1 = 0.85$$

[Req'd d & As]

(콘.설 6.3.2)

$$a = A_s \times f_y / (0.85 \times f_{ck} \times b) = 0.0174 A_s = 27.692 \text{ mm}$$

$$M_u = \Phi \times A_s \times f_y \times (d - a/2) = -3.0 A_s^2 + 85000 A_s$$

$$= 85544000$$

$$\epsilon_t = 0.003 \times (H - a/\beta_1 - D_{c_min}) / (a/\beta_1) = 0.02002 > 0.004$$

0.K.!!

$$0.005 < \epsilon_t \quad \phi_f = 0.850$$

$$\therefore \text{Req'd } A_s = 1044.4 \text{ mm}^2$$

$$\text{Min. } A_s = \text{Req'd } A_s \times 4/3 = 1392.6 \text{ mm}^2$$

$$\text{Min. } A_s = 0.002 \times b \times d = 500.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{Min. } A_s = 1.4/f_y \times \frac{b \times d}{4} = 875.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{Min. } A_s = 0.25 \sqrt{f_{ck}} / f_y \times b \times d = 811.9 \text{ mm}^2$$

$$\text{USE } H 16 @ 125 = 1588.8 \text{ mm}^2$$

$$A_{s\text{use}} = 1588.8 \text{ mm}^2$$

0.K. !!

[RE-BAR RATIO CHECK]

$$P = A_s / (b \times d) = 0.0064 < P_{\max} = 0.75 \times p_b = 0.0219 \quad \mathbf{0.K.!!}$$

[DESIGN MOMENT CHECK]

$$\text{Max. } c = 0.75 \times 600 / (600 + f_y) \times d = 112.500 \text{ mm} > c = a/0.85 = 32.578 \text{ mm}$$

$$\text{Max. } a = 0.85 \times c = 95.625 \text{ mm} > a = f_y \times A_s / (0.85 \times f_{ck} \times b) = 27.692 \text{ mm}$$

$$jd = d - a/2 = 236.154 \text{ mm}$$

$$C = 0.85 \times f_{ck} \times a \times b = 635.520 \text{ kN} \quad T = f_y \times A_s = 635.520 \text{ kN}$$

$$\Phi M_n = \Phi f_y \times A_s \times jd = 127.569 \text{ kN} \cdot \text{m} > M_u = 85.544 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad \mathbf{0.K.}$$

아) 사용성(균열) 검토

$$M_{\max} = 42.683 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$$

$$\text{탄성계수비}(n) = E_s / E_c = 7$$

$$\text{철근비}(p) = A_s / b d = 1588.8 / 1000 \times 250 = 0.0064$$

$$\text{중립축}(k) = -np + \sqrt{\{(np)^2 + 2np\}} = -0.0448 + \sqrt{\{(0.0448)^2 + 2 \times 0.0448\}} = 0.258$$

$$\text{중립축 거리}(x) = k \times d = 0.258 \times 250 = 64.500 \text{ mm}$$

$$j = 1 - (k / 3) = 1 - (0.258) / 3 = 0.914$$

$$\begin{aligned} f_{s\max} &= \frac{M_{\max}}{p b j d^2} = \frac{42.683 \times 1000000}{0.0064 \times 1000 \times 0.914 \times 250^2} \\ &= 116.748 \text{ MPa} < 0.6 f_y = 240.000 \text{ MPa} \quad \mathbf{0.K!!} \end{aligned}$$

$$\text{최소두께}(C_c) = d' - \text{철근직경} / 2 = 50 - 16 / 2 = 42.00 \text{ mm}$$

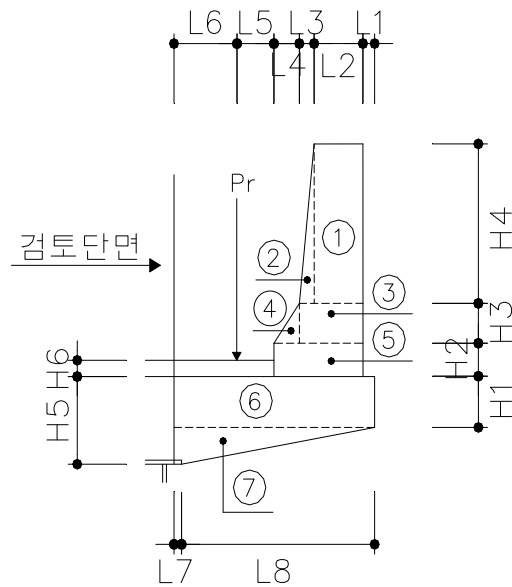
$$\text{인장연단폭}(S_1) = 375 (210 / f_s) - 2.5 C_c = 375 (210 / 116.748) - 2.5 \times 42 = 573.280 \text{ mm}$$

$$\text{인장연단폭}(S_2) = 300 (210 / f_s) = 300 (210 / 116.748) = 539.624 \text{ mm}$$

$$\text{철근 소요중심간격}(S_a) = \text{Min} (S_1, S_2) = 539.624 \text{ mm}$$

$$\text{철근 평균간격 } S = 125.0 \text{ mm} \leq 539.624 \text{ mm} \quad \mathbf{0.K!!}$$

1-3. 우측 캔틸레버부



콘크리트 단위중량	: 25.000 kN/m ³	H1 =	0.250 m	L1 =	0.030 m
포장 단위중량	: 23.000 kN/m ³	H2 =	0.125 m	L2 =	0.230 m
설계 속도	: 120.000 km/h	H3 =	0.175 m	L3 =	0.070 m
트럭의 1후륜하중 (P_r)	: 96.000 kN	H4 =	0.700 m	L4 =	0.120 m
곡선 반경(R)	: ∞ m	H5 =	0.300 m	L5 =	0.300 m
		H6 =	0.080 m	L6 =	0.325 m
				L7 =	1.025 m
				L8 =	0.050 m
				L9 =	0.000 m

가) 고정하중

NO.	작 용 하 중 (kN)	거리 (m)	모멘트(kN · m)
1	$0.23 \times 0.7 \times 25 = 4.025$	0.930	3.743
2	$\frac{1}{2} \times 0.07 \times 0.7 \times 25 = 0.613$	0.792	0.485
3	$0.30 \times 0.175 \times 25 = 1.313$	0.895	1.175
4	$\frac{1}{2} \times 0.12 \times 0.175 \times 25 = 0.263$	0.705	0.185
5	$0.42 \times 0.125 \times 25 = 1.313$	0.835	1.096
6	$1.075 \times 0.25 \times 25 = 6.719$	0.538	3.611
7	$\frac{1}{2} \times 1.075 \times 0.05 \times 25 = 0.672$	0.358	0.241
8	$0.08 \times 0.625 \times 23 = 1.150$	0.313	0.359
TOTAL	16.066		10.895

$$\therefore M_d = 10.895 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

나) 활하중 (DB-24 : $P_r = 96 \text{ kN}$)

윤하중 분포폭

(도.설 3.6.1.4)

$$E = 0.8 \cdot X + 1.14 = 0.8 \times 0.325 + 1.14 = 1.4 \text{ m} \quad \text{여기서, } X = 0.325 \text{ m}$$

충격계수

(도.설 2.1.4)

$$i = 15 / (40 + L) = 15 / (40 + 0.325) = 0.372 > 0.3 \quad \therefore i = 0.3$$

$$Ml+i = P_r / E \cdot X \cdot (1 + i) = (96 / 1.4) \times 0.325 \times (1 + 0.3) = 28.971 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$$

다) 차량 충돌 하중 (도.설.해 2.4.3.5)

수평충돌력 H는 노면상 1.0m 높이에 교축을 따라 1.0m마다 작용시

$$H = (V/60)^2 \times 7.5 + 2.5 = (120/60)^2 \times 7.5 + 2.5 = 32.500 \text{ kN/m} \quad h = 1.000 \text{ m}$$

$$M_{co} = 32.500 \times 1.000 = 32.500 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$$

라) 풍하중

$$P_w = 3.0 \text{ kN/m}^2 \times 1.320 \text{ m} = 3.960 \text{ kN/m}$$

$$M_w = 3.960 \text{ kN/m} \times 0.890 \text{ m} = 3.524 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$$

마) 하중 조합

(도.설 2.2.3.2)

계수 모멘트

$$\begin{aligned} \textcircled{1} \quad Mu1 &= 1.3 M_d + 2.15 Ml+i \\ &= 1.3 \times 10.895 + 2.15 \times 28.971 = 76.452 \text{ kN} \cdot \text{m/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \textcircled{2} \quad Mu2 &= 1.3 M_d + 1.3 Ml+i + 1.3 M_{co} \\ &= 1.3 \times 10.895 + 1.3 \times 28.971 + 1.3 \times 32.5 = 94.076 \text{ kN} \cdot \text{m/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \textcircled{3} \quad Mu3 &= 1.3 M_d + 1.3 Ml+i + 0.65 M_w \\ &= 1.3 \times 10.895 + 1.3 \times 28.971 + 0.65 \times 3.524 = 54.117 \text{ kN} \cdot \text{m/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \textcircled{4} \quad Mu4 &= 1.2 M_d + 1.2 M_w + 1.2 M_{co} \\ &= 1.2 \times 10.895 + 1.2 \times 3.524 + 1.2 \times 32.5 = 56.304 \text{ kN} \cdot \text{m/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \textcircled{5} \quad Mu5 &= 1.3 M_d + 1.3 M_w \\ &= 1.3 \times 10.895 + 1.3 \times 3.524 = 18.746 \text{ kN} \cdot \text{m/m} \end{aligned}$$

사용 모멘트

$$\begin{aligned} M &= 1.0 M_d + 1.0 Ml+i + 0.3 M_w \\ &= 1.0 \times 10.895 + 1.0 \times 28.971 + 0.3 \times 3.524 = 40.924 \text{ kN} \cdot \text{m/m} \end{aligned}$$

바) 바닥판의 최소 두께 ($X > 0.25$ 인 경우)

(도.설 3.6.1.5)

$$h_{min} = (80 \cdot L + 230) = \{(80 \times 0.325) + 230\} = 256 \text{ mm}$$

$$h_{use} = 300.0 \text{ mm} > 256.0 \text{ mm} \quad \mathbf{O.K!!}$$

사) 단면검토

◀ 철근량 산정

① 캔틸레버부

[DESIGN CONDITION]

$$f_{ck} = 27 \text{ MPa} \quad f_y = 400 \text{ MPa}$$

$$M_u = 94.076 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$b = 1000 \text{ mm} \quad h = 300.0 \text{ mm}$$

$$d' = 50 \text{ mm} \quad d = 250.0 \text{ mm}$$

$$\phi(\text{Bending}) = 0.85 \quad \beta_1 = 0.85$$

[Req'd d & As]

(콘.설 6.3.2)

$$a = A_s \times f_y / (0.85 \times f_{ck} \times b) = 0.0174 A_s = 27.692 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} M_u &= \phi \times A_s \times f_y \times (d - a/2) = -3.0 A_s^2 + 85000 A_s \\ &= 94076000 \end{aligned}$$

$$\epsilon_t = 0.003 \times (H - a/\beta_1 - D_{c_min}) / (a/\beta_1) = 0.02002 > 0.004$$

O.K.!!

$$0.005 < \epsilon_t \quad \phi_f = 0.850$$

$$\therefore \text{Req'd } A_s = 1153.1 \text{ mm}^2$$

$$\text{Min. } A_s = \text{Req'd } A_s \times 4/3 = 1537.5 \text{ mm}^2$$

$$\text{Min. } A_s = 0.002 \times b \times d = 500.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{Min. } A_s = 1.4/f_y \times b \times d = 875.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{Min. } A_s = 0.25 \sqrt{f_{ck}} / f_y \times b \times d = 811.9 \text{ mm}^2$$

$$\text{USE } H 16 @ 125 = 1588.8 \text{ mm}^2$$

$$A_{suse} = 1588.8 \text{ mm}^2$$

O.K. !!

[RE-BAR RATIO CHECK]

$$P = A_s / (b \times d) = 0.00636 < P_{max} = 0.75 \times p_b = 0.0219 \quad \mathbf{O.K.!!}$$

[DESIGN MOMENT CHECK]

$$\text{Max. } c = 0.75 \times 600 / (600 + f_y) \times d = 112.500 \text{ mm} > c = a/0.85 = 32.578 \text{ mm}$$

$$\text{Max. } a = 0.85 \times c = 95.625 \text{ mm} > a = f_y \times A_s / (0.85 \times f_{ck} \times b) = 27.692 \text{ mm}$$

$$j_d = d - a/2 = 236.154 \text{ mm}$$

$$C = 0.85 \times f_{ck} \times a \times b = 635.520 \text{ kN} \quad T = f_y \times A_s = 635.520 \text{ kN}$$

$$\phi M_n = \phi f_y \times A_s \times j_d = 127.569 \text{ kN} \cdot \text{m} > M_u = 94.076 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad \mathbf{O.K.}$$

아) 사용성(균열) 검토

$$M_{\max} = 40.924 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$$

$$\text{탄성계수비}(n) = 7$$

$$\text{철근비}(p) = A_s / b d = 1588.8 / 1000 \times 250 = 0.0064$$

$$\text{중립축}(k) = -np + \sqrt{\{(np)^2 + 2np\}} = -0.0448 + \sqrt{\{(0.0448)^2 + 2 \times 0.0448\}} = 0.258$$

$$\text{중립축 거리}(x) = k \times d = 0.258 \times 250 = 64.500 \text{ mm}$$

$$j = 1 - (k / 3) = 1 - (0.258 / 3) = 0.914$$

$$\begin{aligned} f_{s\max} &= \frac{M_{\max}}{p b j d^2} = \frac{40.924 \times 1000000}{0.0064 \times 1000 \times 0.914 \times 250.0^2} \\ &= 111.937 \text{ MPa} < 0.6 f_y = 240.000 \text{ MPa} \quad \mathbf{O.K!!} \end{aligned}$$

$$\text{최소두께}(C_c) = d' - \text{철근직경} / 2 = 50 - 16 / 2 = 42.00 \text{ mm}$$

$$\text{인장연단폭}(S_1) = 375 (210 / f_s) - 2.5 C_c = 375 (210 / 111.937) - 2.5 \times 42 = 602.271 \text{ mm}$$

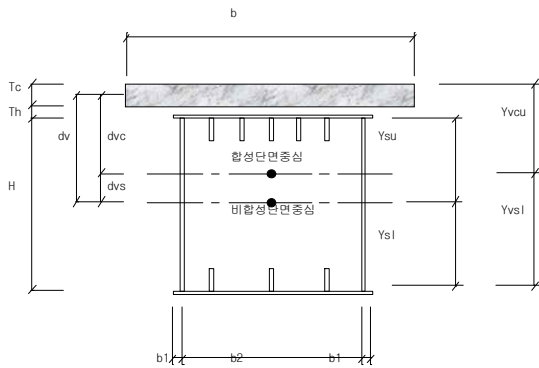
$$\text{인장연단폭}(S_2) = 300 (210 / f_s) = 300 (210 / 111.937) = 562.817 \text{ mm}$$

$$\text{철근 소요중심간격}(S_a) = \text{Min} (S_1, S_2) = 562.817 \text{ mm}$$

$$\text{철근 평균간격 } S = 125.0 \text{ mm} \leq 562.817 \text{ mm} \quad \mathbf{O.K!!}$$

2. 단면상수 산정

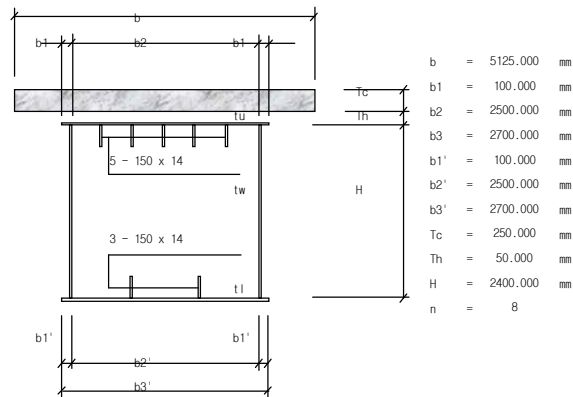
2-1. Steel Box 주형 단면상수 산정



주형의 탄성변형 및 부정정력을 계산하는 경우에는 정부모멘트에 관계없이 바닥판 콘크리트의 합성작용을 고려한다.

- b - 바닥판 콘크리트의 폭
- T_c - 바닥판 콘크리트의 두께
- T_h - 바닥판 콘크리트의 현치 높이
- N - 강재와 콘크리트의 탄성계수비 ($N = E_s / E_c$)
- A_c - 바닥판 콘크리트의 단면적
- A_v - 합성후 (강재+바닥판 콘크리트)의 환산단면적
- I_c - 바닥판 콘크리트의 단면2차모멘트
- d_v - 강재단면 도심에서 바닥판 도심까지의 거리
- d_{vc} - 합성단면 도심에서 바닥판 도심까지의 거리
- d_{vs} - 합성단면 도심에서 강재단면 도심까지의 거리 (합성전 및 합성후단면에서의 도심축 이동량)
- I_{33} - 합성전 강재단면의 3축방향(종방향) 단면2차모멘트
- I_{22} - 합성전 강재단면의 2축방향(횡방향) 단면2차모멘트
- I_{v33} - 합성후 강재단면의 3축방향(종방향) 단면2차모멘트
- I_{v22} - 합성후 강재단면의 2축방향(횡방향) 단면2차모멘트

- Section G1, 3 - 1



① 합성전 단면

구 분	구 격	As(mm ²)	Y(mm)	AsY(mm ³)	AsY ² (mm ⁴)	Io(mm ⁴)
UPPER FL.	1 - 2700.0 X 12.0	32400	1206.00	39074400	47123726400	388800
UPPER RIB	5 - 150.0 X 14.0	10500	1125.00	11812500	13289062500	19687500
W E B	2 - 2400.0 X 12.0	57600				27648000000
LOWER RIB	3 - 150.0 X 14.0	6300	-1125.00	-7087500	7973437500	11812500
LOWER FL.	1 - 2700.0 X 12.0	32400	-1206.00	-39074400	47123726400	388800
TOTAL		139200		4725000	115509952800	27680277600

$$I_s' = \sum AsY^2 + \sum Io$$
$$= 115509952800 + 27680277600 = 143190230400 \text{ mm}^4$$
$$\delta s = \sum AsY / \sum As$$
$$= 4725000 / 139200 = 33.94 \text{ mm}$$
$$I_{33} = I_s' - \sum As \times \delta s^2$$
$$= 143190230400 - 139200 \times 33.94^2 = 143029845163 \text{ mm}^4$$
$$I_{22} = (b_3^3 \times t_u / 12) + (b_3'^3 \times t_l / 12) + ((H \times t_w^3 / 12) + (H \times t_w \times (b_2 / 2 + t_w / 2)^2)) \times 2$$
$$= (2700^3 \times 12 / 12) + (2700^3 \times 12 / 12) + ((2400 \times 12^3 / 12) + (2400 \times 12 \times (2500 / 2 + 12 / 2)^2)) \times 2 = 130232784800 \text{ mm}^4$$

- 비틀림 강성

$$bk = b_2 + t_w / 2 \times 2$$
$$= 2500.000 + 12.000 / 2 \times 2 = 2512.00 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 H_k &= H + t_u / 2 + t_l / 2 \\
 &= 2400.000 + 12.000 / 2 + 12.000 / 2 = 2412.00 \text{ mm} \\
 K &= (4 \times b k^2 \times H k^2) / (2 \times H k / t_w + b k / t_u + b k / t_l) \\
 &= (4 \times 2512^2 \times 2412^2) / (2 \times 2412/12 + 2512/12 + 2512/12) \\
 &= \mathbf{178931611999} \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

② 합성후 단면

$$\begin{aligned}
 A_c &= b \times T_c \\
 &= 5125.000 \times 250.000 = 1281250 \text{ mm}^2 \\
 A_v &= \sum A_s + A_c/N \\
 &= 139200 + 1281250 / 8 = \mathbf{299356} \text{ mm}^2 \\
 I_c &= b \times T_c^3 / 12 \\
 &= 5125.000 \times 250.000^3 / 12 = 6673177083 \text{ mm}^4 \\
 d_v &= H / 2 - \delta s + T_h + T_c / 2 \\
 &= 2400.000 / 2 - 33.944 + 50.000 + 250.000 / 2 = 1341.06 \text{ mm} \\
 d_{vc} &= d_v \cdot \sum A_s / A_v \\
 &= 1341.056 \times 139200 / 299356 = 623.59 \text{ mm} \\
 d_{vs} &= d_v - d_{vc} = 1341.056 - 623.588 = \mathbf{717.47} \text{ mm} \\
 I_{v33} &= I_{33} + I_c/N + \sum A_s \cdot d_{vs}^2 + A_c/N \cdot d_{vc}^2 \\
 &= 143029845163 + 6673177083 / 8 + 139200 \times 717.468^2 \\
 &\quad + 1281250 / 8 \times 623.588^2 = \mathbf{277797315950} \text{ mm}^4 \\
 I_{v22} &= I_{22} + b^3 \times T_c / 12 / N \\
 &= 130232764800 + 5125.000^3 \\
 &\quad \times 250.000 / 12 / 8 = 480783098459 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

- 비틀림 강성

* 합성단면의 K값 산정시 CON'C SLAB의 두께를 강재로 환산하여 적용한다.

$$\begin{aligned}
 t_{cu} &= t_u + T_c / N \\
 &= 12.000 + 250.000 / 8 = 43.25 \text{ mm} \\
 K &= (4 \times b k^2 \times H k^2) / (2 \times H k / t_w + b k / t_{cu} + b k / t_l) \\
 &= (4 \times 2512^2 \times 2412^2) / (2 \times 2412/12 + 2512/43.25 + 2512/12) \\
 &= \mathbf{219360743791} \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 H_k &= H + t_u / 2 + t_l / 2 \\
 &= 2400.000 + 12.000 / 2 + 14.000 / 2 = 2413.00 \quad \text{mm} \\
 K &= (4 \times b k^2 \times H k^2) / (2 \times H k / t_w + b k / t_u + b k / t_l) \\
 &= (4 \times 2512^2 \times 2413^2) / (2 \times 2413/12 + 2512/12 + 2512/14) \\
 &= 185813233544 \quad \text{mm}^4
 \end{aligned}$$

② 합성후 단면

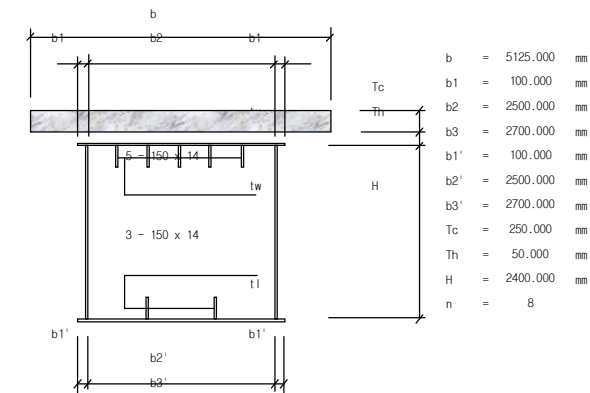
$$\begin{aligned}
 A_c &= b \times T_c \\
 &= 5125.000 \times 250.000 = 1281250 \quad \text{mm}^2 \\
 A_v &= \sum A_s + A_c/N \\
 &= 144600 + 1281250 / 8 = 304756 \quad \text{mm}^2 \\
 I_c &= b \times T_c^3 / 12 \\
 &= 5125.000 \times 250.000^3 / 12 = 6673177083 \quad \text{mm}^4 \\
 d_v &= H / 2 - \delta s + T_h + T_c / 2 \\
 &= 2400.000 / 2 - 12.622 + 50.000 + 250.000 / 2 = 1387.62 \quad \text{mm} \\
 d_{vc} &= d_v \cdot \sum A_s / A_v \\
 &= 1387.622 \times 144600 / 304756 = 658.40 \quad \text{mm} \\
 d_{vs} &= d_v - d_{vc} = 1387.622 - 658.396 = 729.23 \quad \text{mm} \\
 I_{v33} &= I_{33} + I_c/N + \sum A_s \cdot d_{vs}^2 + A_c/N \cdot d_{vc}^2 \\
 &= 151112586383 + 6673177083 / 8 + 144600 \times 729.227^2 \\
 &\quad + 1281250 / 8 \times 658.396^2 = 298266221046 \quad \text{mm}^4 \\
 I_{v22} &= I_{22} + b^3 \times T_c / 12 / N \\
 &= 133513264800 + 5125.000^3 \\
 &\quad \times 250.000 / 12 / 8 = 484063598459 \quad \text{mm}^4
 \end{aligned}$$

- 비틀림 강성

* 합성단면의 K값 산정시 CON'C SLAB의 두께를 강재로 환산하여 적용한다.

$$\begin{aligned}
 t_{cu} &= t_u + T_c / N \\
 &= 12.000 + 250.000 / 8 = 43.25 \quad \text{mm} \\
 K &= (4 \times b k^2 \times H k^2) / (2 \times H k / t_w + b k / t_{cu} + b k / t_l) \\
 &= (4 \times 2512^2 \times 2413^2) / (2 \times 2413/12 + 2512/43.25 + 2512/14) \\
 &= 229749057213 \quad \text{mm}^4
 \end{aligned}$$

- Section G1, 3 - 3



① 합성전 단면							
구분	구	격	As(mm ²)	Y(mm)	AsY(mm ³)	AsY ² (mm ⁴)	Io(mm ⁴)
UPPER FL.	1	- 2700.0 X 14.0	37800	1207.00	45624600	55068892200	617400
UPPER RIB	5	- 150.0 X 14.0	10500	1125.00	11812500	13289062500	19687500
W E B	2	- 2400.0 X 12.0	57600				27648000000
LOWER RIB	3	- 150.0 X 14.0	6300	-1125.00	-7087500	7973437500	11812500
LOWER FL.	1	- 2700.0 X 14.0	37800	-1207.00	-45624600	55068892200	617400
TOTAL			150000		4725000	131400284400	27680734800

$$I_s' = \sum AsY^2 + \sum I_o$$
$$= 131400284400 + 27680734800 = 159081019200 \text{ mm}^4$$
$$\delta s = \frac{\sum AsY}{\sum As}$$
$$= \frac{4725000}{150000} = 31.50 \text{ mm}$$
$$I_{33} = I_s' - \sum As \times \delta s^2$$
$$= 159081019200 - 150000 \times 31.50^2 = 158932181700 \text{ mm}^4$$
$$I_{22} = (b_3^3 \times t_u / 12) + (b_3'^3 \times t_l / 12) + ((H \times t_w^3 / 12) + (H \times t_w \times (b_2 / 2 + t_w / 2)^2)) \times 2$$
$$= (2700^3 \times 14 / 12) + (2700^3 \times 14 / 12) + ((2400 \times 12^3 / 12) + (2400 \times 12 \times (2500 / 2 + 12 / 2)^2)) \times 2$$
$$= 136793764800 \text{ mm}^4$$

- 비틀림 강성

$$bk = b_2 + t_w / 2 \times 2$$
$$= 2500.000 + 12.000 / 2 \times 2 = 2512.00 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 H_k &= H + t_u / 2 + t_l / 2 \\
 &= 2400.000 + 14.000 / 2 + 14.000 / 2 = 2414.00 \quad \text{mm} \\
 K &= (4 \times b k^2 \times H k^2) / (2 \times H k / t_w + b k / t_u + b k / t_l) \\
 &= (4 \times 2512^2 \times 2414^2) / (2 \times 2414/12 + 2512/14 + 2512/14) \\
 &= 193232622085 \quad \text{mm}^4
 \end{aligned}$$

② 합성후 단면

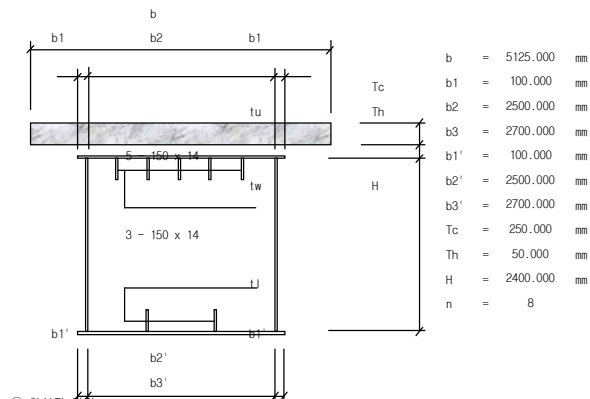
$$\begin{aligned}
 A_c &= b \times T_c \\
 &= 5125.000 \times 250.000 = 1281250 \quad \text{mm}^2 \\
 A_v &= \sum A_s + A_c/N \\
 &= 150000 + 1281250 / 8 = 310156 \quad \text{mm}^2 \\
 I_c &= b \times T_c^3 / 12 \\
 &= 5125.000 \times 250.000^3 / 12 = 6673177083 \quad \text{mm}^4 \\
 d_v &= H / 2 - s + T_h + T_c / 2 \\
 &= 2400.000 / 2 - 31.500 + 50.000 + 250.000 / 2 = 1343.50 \quad \text{mm} \\
 d_{vc} &= d_v \cdot \sum A_s / A_v \\
 &= 1343.500 \times 150000 / 310156 = 649.75 \quad \text{mm} \\
 d_{vs} &= d_v - d_{vc} = 1343.500 - 649.753 = 693.75 \quad \text{mm} \\
 I_{v33} &= I_{33} + I_c/N + \sum A_s \cdot d_{vs}^2 + A_c/N \cdot d_{vc}^2 \\
 &= 158932181700 + 6673177083 / 8 + 150000 \times 693.747^2 \\
 &\quad + 1281250 / 8 \times 649.753^2 = 299573663061 \quad \text{mm}^4 \\
 I_{v22} &= I_{22} + b^3 \times T_c / 12 / N \\
 &= 136793764800 + 5125.000^3 \\
 &\quad \times 250.000 / 12 / 8 = 487344098459 \quad \text{mm}^4
 \end{aligned}$$

- 비틀림 강성

* 합성단면의 K값 산정시 CON'C SLAB의 두께를 강재로 환산하여 적용한다.

$$\begin{aligned}
 t_{cu} &= t_u + T_c / N \\
 &= 14.000 + 250.000 / 8 = 45.25 \quad \text{mm} \\
 K &= (4 \times b k^2 \times H k^2) / (2 \times H k / t_w + b k / t_{cu} + b k / t_l) \\
 &= (4 \times 2512^2 \times 2414^2) / (2 \times 2414/12 + 2512/45.25 + 2512/14) \\
 &= 230805643014 \quad \text{mm}^4
 \end{aligned}$$

- Section G1, 3 - 4



b	=	5125.000	mm
b1	=	100.000	mm
b2	=	2500.000	mm
b3	=	2700.000	mm
b1'	=	100.000	mm
b2'	=	2500.000	mm
b3'	=	2700.000	mm
Tc	=	250.000	mm
Th	=	50.000	mm
H	=	2400.000	mm
n	=	8	

① 합성전				As(mm ²)	Y(mm)	AsY(mm ³)	AsY ² (mm ⁴)	Io(mm ⁴)
구분	구	크	크					
UPPER FL.	1	-	2700.0 X 14.0	37800	1207.00	45624600	55068892200	617400
UPPER RIB	5	-	150.0 X 14.0	10500	1125.00	11812500	13289062500	19687500
W E B	2	-	2400.0 X 12.0	57600				27648000000
LOWER RIB	3	-	150.0 X 14.0	6300	-1125.00	-7087500	7973437500	11812500
LOWER FL.	1	-	2700.0 X 20.0	54000	-1210.00	-65340000	79061400000	1800000
TOTAL				166200		-14990400	155392792200	27681917400

$$I_s' = \sum AsY^2 + \sum I_o$$
$$= 155392792200 + 27681917400 = 183074709600 \text{ mm}^4$$
$$\delta s = \frac{\sum AsY}{\sum As}$$
$$= \frac{-14990400}{166200} = -90.19 \text{ mm}$$
$$I_{33} = I_s' - \sum As \times \delta s^2$$
$$= 183074709600 - 166200 \times (-90.19)^2 = 181722651284 \text{ mm}^4$$
$$I_{22} = (b_3^3 \times t_u / 12) + (b_3'^3 \times t_l / 12) + ((H \times t_w^3 / 12) + (H \times t_w \times (b_2 / 2 + t_w / 2)^2)) \times 2$$
$$= (2700^3 \times 14 / 12) + (2700^3 \times 20 / 12) + ((2400 \times 12^3 / 12) + (2400 \times 12 \times (2500 / 2 + 12 / 2)^2)) \times 2 = 146635264800 \text{ mm}^4$$

- 비틀림 강성

$$b_k = b_2 + t_w / 2 \times 2$$
$$= 2500.000 + 12.000 / 2 \times 2 = 2512.00 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 H_k &= H + t_u / 2 + t_l / 2 \\
 &= 2400.000 + 14.000 / 2 + 20.000 / 2 = 2417.00 \quad \text{mm} \\
 K &= (4 \times b k^2 \times H k^2) / (2 \times H k / t_w + b k / t_u + b k / t_l) \\
 &= (4 \times 2512^2 \times 2417^2) / (2 \times 2417/12 + 2512/14 + 2512/20) \\
 &= 208307075570 \quad \text{mm}^4
 \end{aligned}$$

② 합성후 단면

$$\begin{aligned}
 A_c &= b \times T_c \\
 &= 5125.000 \times 250.000 = 1281250 \quad \text{mm}^2 \\
 A_v &= \sum A_s + A_c/N \\
 &= 166200 + 1281250 / 8 = 326356 \quad \text{mm}^2 \\
 I_c &= b \times T_c^3 / 12 \\
 &= 5125.000 \times 250.000^3 / 12 = 6673177083 \quad \text{mm}^4 \\
 d_v &= H / 2 - s + T_h + T_c / 2 \\
 &= 2400.000 / 2 - 90.195 + 50.000 + 250.000 / 2 = 1465.19 \quad \text{mm} \\
 d_{vc} &= d_v \cdot \sum A_s / A_v \\
 &= 1465.195 \times 166200 / 326356 = 746.16 \quad \text{mm} \\
 d_{vs} &= d_v - d_{vc} = 1465.195 - 746.164 = 719.03 \quad \text{mm} \\
 I_{v33} &= I_{33} + I_c/N + \sum A_s \cdot d_{vs}^2 + A_c/N \cdot d_{vc}^2 \\
 &= 181722651284 + 6673177083 / 8 + 166200 \times 719.031^2 \\
 &\quad + 1281250 / 8 \times 746.164^2 = 357651820945 \quad \text{mm}^4 \\
 I_{v22} &= I_{22} + b^3 \times T_c / 12 / N \\
 &= 146635264800 + 5125.000^3 \\
 &\quad \times 250.000 / 12 / 8 = 497185598459 \quad \text{mm}^4
 \end{aligned}$$

- 비틀림 강성

* 합성단면의 K값 산정시 CON'C SLAB의 두께를 강재로 환산하여 적용한다.

$$\begin{aligned}
 t_{cu} &= t_u + T_c / N \\
 &= 14.000 + 250.000 / 8 = 45.25 \quad \text{mm} \\
 K &= (4 \times b k^2 \times H k^2) / (2 \times H k / t_w + b k / t_{cu} + b k / t_l) \\
 &= (4 \times 2512^2 \times 2417^2) / (2 \times 2417/12 + 2512/45.25 + 2512/20) \\
 &= 252510256155 \quad \text{mm}^4
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 H_k &= H + t_u / 2 + t_l / 2 \\
 &= 2400.000 + 20.000 / 2 + 20.000 / 2 = 2420.00 \quad \text{mm} \\
 K &= (4 \times b k^2 \times H k^2) / (2 \times H k / t_w + b k / t_u + b k / t_l) \\
 &= (4 \times 2512^2 \times 2420^2) / (2 \times 2420/12 + 2512/20 + 2512/20) \\
 &= 225838626940 \quad \text{mm}^4
 \end{aligned}$$

② 합성후 단면

$$\begin{aligned}
 A_c &= b \times T_c \\
 &= 5125.000 \times 250.000 = 1281250 \quad \text{mm}^2 \\
 A_v &= \sum A_s + A_c/N \\
 &= 182400 + 1281250 / 8 = 342556 \quad \text{mm}^2 \\
 I_c &= b \times T_c^3 / 12 \\
 &= 5125.000 \times 250.000^3 / 12 = 6673177083 \quad \text{mm}^4 \\
 d_v &= H / 2 - \delta s + T_h + T_c / 2 \\
 &= 2400.000 / 2 - 25.905 + 50.000 + 250.000 / 2 = 1349.10 \quad \text{mm} \\
 d_{vc} &= d_v \cdot \sum A_s / A_v \\
 &= 1349.095 \times 182400 / 342556 = 718.35 \quad \text{mm} \\
 d_{vs} &= d_v - d_{vc} = 1349.095 - 718.349 = 630.75 \quad \text{mm} \\
 I_{v33} &= I_{33} + I_c/N + \sum A_s \cdot d_{vs}^2 + A_c/N \cdot d_{vc}^2 \\
 &= 206946000740 + 6673177083 / 8 + 182400 \times 630.746^2 \\
 &\quad + 1281250 / 8 \times 718.349^2 = 362991023595 \quad \text{mm}^4 \\
 I_{v22} &= I_{22} + b^3 \times T_c / 12 / N \\
 &= 156476764800 + 5125.000^3 \\
 &\quad \times 250.000 / 12 / 8 = 507027098459 \quad \text{mm}^4
 \end{aligned}$$

- 비틀림 강성

* 합성단면의 K값 산정시 CON'C SLAB의 두께를 강재로 환산하여 적용한다.

$$\begin{aligned}
 t_{cu} &= t_u + T_c / N \\
 &= 20.000 + 250.000 / 8 = 51.25 \quad \text{mm} \\
 K &= (4 \times b k^2 \times H k^2) / (2 \times H k / t_w + b k / t_{cu} + b k / t_l) \\
 &= (4 \times 2512^2 \times 2420^2) / (2 \times 2420/12 + 2512/51.25 + 2512/20) \\
 &= 255765081987 \quad \text{mm}^4
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 H_k &= H + t_u / 2 + t_l / 2 \\
 &= 2400.000 + 16.000 / 2 + 20.000 / 2 = 2418.00 \quad \text{mm} \\
 K &= (4 \times b k^2 \times H k^2) / (2 \times H k / t_w + b k / t_u + b k / t_l) \\
 &= (4 \times 2512^2 \times 2418^2) / (2 \times 2418/12 + 2512/16 + 2512/20) \\
 &= 215248951973 \quad \text{mm}^4
 \end{aligned}$$

② 합성후 단면

$$\begin{aligned}
 A_c &= b \times T_c \\
 &= 5125.000 \times 250.000 = 1281250 \quad \text{mm}^2 \\
 A_v &= \sum A_s + A_c/N \\
 &= 171600 + 1281250 / 8 = 331756 \quad \text{mm}^2 \\
 I_c &= b \times T_c^3 / 12 \\
 &= 5125.000 \times 250.000^3 / 12 = 6673177083 \quad \text{mm}^4 \\
 d_v &= H / 2 - \delta s + T_h + T_c / 2 \\
 &= 2400.000 / 2 - 49.122 + 50.000 + 250.000 / 2 = 1424.12 \quad \text{mm} \\
 d_{vc} &= d_v \cdot \sum A_s / A_v \\
 &= 1424.122 \times 171600 / 331756 = 736.62 \quad \text{mm} \\
 d_{vs} &= d_v - d_{vc} = 1424.122 - 736.623 = 687.50 \quad \text{mm} \\
 I_{v33} &= I_{33} + I_c/N + \sum A_s \cdot d_{vs}^2 + A_c/N \cdot d_{vc}^2 \\
 &= 190632254230 + 6673177083 / 8 + 171600 \times 687.499^2 \\
 &\quad + 1281250 / 8 \times 736.623^2 = 359477001427 \quad \text{mm}^4 \\
 I_{v22} &= I_{22} + b^3 \times T_c / 12 / N \\
 &= 149915764800 + 5125.000^3 \\
 &\quad \times 250.000 / 12 / 8 = 500466098459 \quad \text{mm}^4
 \end{aligned}$$

- 비틀림 강성

* 합성단면의 K값 산정시 CON'C SLAB의 두께를 강재로 환산하여 적용한다.

$$\begin{aligned}
 t_{cu} &= t_u + T_c / N \\
 &= 16.000 + 250.000 / 8 = 47.25 \quad \text{mm} \\
 K &= (4 \times b k^2 \times H k^2) / (2 \times H k / t_w + b k / t_{cu} + b k / t_l) \\
 &= (4 \times 2512^2 \times 2418^2) / (2 \times 2418/12 + 2512/47.25 + 2512/20) \\
 &= 253667597349 \quad \text{mm}^4
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 H_k &= H + t_u / 2 + t_l / 2 \\
 &= 2400.000 + 16.000 / 2 + 16.000 / 2 = 2416.00 \quad \text{mm} \\
 K &= (4 \times b k^2 \times H k^2) / (2 \times H k / t_w + b k / t_u + b k / t_l) \\
 &= (4 \times 2512^2 \times 2416^2) / (2 \times 2416/12 + 2512/16 + 2512/16) \\
 &= 205577658955 \quad \text{mm}^4
 \end{aligned}$$

② 합성후 단면

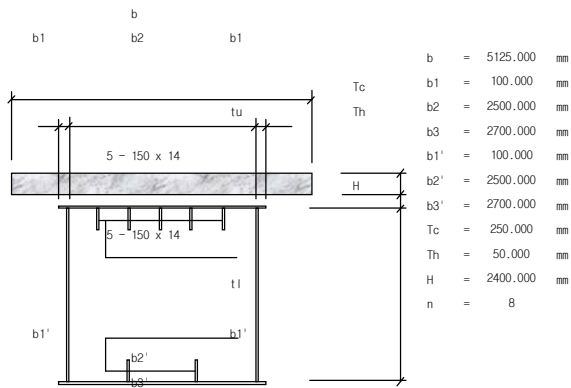
$$\begin{aligned}
 A_c &= b \times T_c \\
 &= 5125.000 \times 250.000 = 1281250 \quad \text{mm}^2 \\
 A_v &= \sum A_s + A_c/N \\
 &= 160800 + 1281250 / 8 = 320956 \quad \text{mm}^2 \\
 I_c &= b \times T_c^3 / 12 \\
 &= 5125.000 \times 250.000^3 / 12 = 6673177083 \quad \text{mm}^4 \\
 d_v &= H / 2 - \delta s + T_h + T_c / 2 \\
 &= 2400.000 / 2 - 29.384 + 50.000 + 250.000 / 2 = 1345.62 \quad \text{mm} \\
 d_{vc} &= d_v \cdot \sum A_s / A_v \\
 &= 1345.616 \times 160800 / 320956 = 674.16 \quad \text{mm} \\
 d_{vs} &= d_v - d_{vc} = 1345.616 - 674.157 = 671.46 \quad \text{mm} \\
 I_{v33} &= I_{33} + I_c/N + \sum A_s \cdot d_{vs}^2 + A_c/N \cdot d_{vc}^2 \\
 &= 174885411849 + 6673177083 / 8 + 160800 \times 671.458^2 \\
 &\quad + 1281250 / 8 \times 674.157^2 = 321006363419 \quad \text{mm}^4 \\
 I_{v22} &= I_{22} + b^3 \times T_c / 12 / N \\
 &= 143354764800 + 5125.000^3 \\
 &\quad \times 250.000 / 12 / 8 = 493905098459 \quad \text{mm}^4
 \end{aligned}$$

- 비틀림 강성

* 합성단면의 K값 산정시 CON'C SLAB의 두께를 강재로 환산하여 적용한다.

$$\begin{aligned}
 t_{cu} &= t_u + T_c / N \\
 &= 16.000 + 250.000 / 8 = 47.25 \quad \text{mm} \\
 K &= (4 \times b k^2 \times H k^2) / (2 \times H k / t_w + b k / t_{cu} + b k / t_l) \\
 &= (4 \times 2512^2 \times 2416^2) / (2 \times 2416/12 + 2512/47.25 + 2512/16) \\
 &= 240410048827 \quad \text{mm}^4
 \end{aligned}$$

- Section G1, 3 - 8



b = 5125.000 mm
b1 = 100.000 mm
b2 = 2500.000 mm
b3 = 2700.000 mm
b1' = 100.000 mm
b2' = 2500.000 mm
b3' = 2700.000 mm
Tc = 250.000 mm
Th = 50.000 mm
H = 2400.000 mm
n = 8

① 합성전

구분	규격	As(mm ²)	Y(mm)	AsY(mm ³)	AsY ² (mm ⁴)	Io(mm ⁴)
UPPER FL.	1 - 2700.0 X 16.0	43200	1208.00	52185600	63040204800	921600
UPPER RIB	5 - 150.0 X 14.0	10500	1125.00	11812500	13289062500	19687500
WEB	2 - 2400.0 X 12.0	57600				27648000000
LOWER RIB	5 - 150.0 X 14.0	10500	-1125.00	-11812500	13289062500	19687500
LOWER FL.	1 - 2700.0 X 16.0	43200	-1208.00	-52185600	63040204800	921600
TOTAL		165000		0	152656534600	27689218200

$$I_s' = \sum AsY^2 + \sum Io$$

$$= 152656534600 + 27689218200 = 180347752800 \text{ mm}^4$$

$$\delta s = \sum AsY / \sum As$$

$$= 0 / 165000 = 0.00 \text{ mm}$$

$$I_{33} = I_s' - \sum As \times \delta s^2$$

$$= 180347752800 - 165000 \times 0.00^2 = 180347752800 \text{ mm}^4$$

$$I_{22} = (b_3^3 \times t_u / 12) + (b_3'^3 \times t_l / 12) + ((H \times t_w^3 / 12) + (H \times t_w \times (b_2 / 2 + t_w / 2)^2)) \times 2$$

$$= (2700^3 \times 16 / 12) + (2700^3 \times 16 / 12) + ((2400 \times 12^3 / 12) + (2400 \times 12 \times (2500 / 2 + 12 / 2)^2)) \times 2$$

$$= 143354764800 \text{ mm}^4$$

- 비틀림 강성

$$b_k = b_2 + t_w / 2 \times 2$$

$$= 2500.000 + 12.000 / 2 \times 2 = 2512.00 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 H_k &= H + t_u / 2 + t_l / 2 \\
 &= 2400.000 + 16.000 / 2 + 16.000 / 2 = 2416.00 \quad \text{mm} \\
 K &= (4 \times b k^2 \times H k^2) / (2 \times H k / t_w + b k / t_u + b k / t_l) \\
 &= (4 \times 2512^2 \times 2416^2) / (2 \times 2416/12 + 2512/16 + 2512/16) \\
 &= 205577658955 \quad \text{mm}^4
 \end{aligned}$$

② 합성후 단면

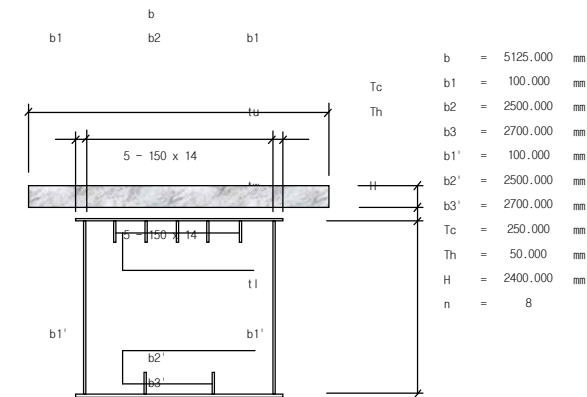
$$\begin{aligned}
 A_c &= b \times T_c \\
 &= 5125.000 \times 250.000 = 1281250 \quad \text{mm}^2 \\
 A_v &= \sum A_s + A_c/N \\
 &= 165000 + 1281250 / 8 = 325156 \quad \text{mm}^2 \\
 I_c &= b \times T_c^3 / 12 \\
 &= 5125.000 \times 250.000^3 / 12 = 6673177083 \quad \text{mm}^4 \\
 d_v &= H / 2 - \delta s + T_h + T_c / 2 \\
 &= 2400.000 / 2 - 0.000 + 50.000 + 250.000 / 2 = 1375.00 \quad \text{mm} \\
 d_{vc} &= d_v \cdot \sum A_s / A_v \\
 &= 1375.000 \times 165000 / 325156 = 697.74 \quad \text{mm} \\
 d_{vs} &= d_v - d_{vc} = 1375.000 - 697.741 = 677.26 \quad \text{mm} \\
 I_{v33} &= I_{33} + I_c/N + \sum A_s \cdot d_{vs}^2 + A_c/N \cdot d_{vc}^2 \\
 &= 180347752800 + 6673177083 / 8 + 165000 \times 677.259^2 \\
 &\quad + 1281250 / 8 \times 697.741^2 = 334834928828 \quad \text{mm}^4 \\
 I_{v22} &= I_{22} + b^3 \times T_c / 12 / N \\
 &= 143354764800 + 5125.000^3 \\
 &\quad \times 250.000 / 12 / 8 = 493905098459 \quad \text{mm}^4
 \end{aligned}$$

- 비틀림 강성

* 합성단면의 K값 산정시 CON'C SLAB의 두께를 강재로 환산하여 적용한다.

$$\begin{aligned}
 t_{cu} &= t_u + T_c / N \\
 &= 16.000 + 250.000 / 8 = 47.25 \quad \text{mm} \\
 K &= (4 \times b k^2 \times H k^2) / (2 \times H k / t_w + b k / t_{cu} + b k / t_l) \\
 &= (4 \times 2512^2 \times 2416^2) / (2 \times 2416/12 + 2512/47.25 + 2512/16) \\
 &= 240410048827 \quad \text{mm}^4
 \end{aligned}$$

- Section G1, 3 - 9



b = 5125.000 mm
b1 = 100.000 mm
b2 = 2500.000 mm
b3 = 2700.000 mm
b1' = 100.000 mm
b2' = 2500.000 mm
b3' = 2700.000 mm
Tc = 250.000 mm
Th = 50.000 mm
H = 2400.000 mm
n = 8

① 합성전 단면

구분	구격	As(mm ²)	Y(mm)	AsY(mm ³)	AsY ² (mm ⁴)	Io(mm ⁴)
UPPER FL.	1 - 2700.0 X 14.0	37200	1207.00	45624600	55068892200	617400
UPPER RIB	5 - 150.0 X 14.0	10500	1125.00	11812500	13289062500	19687500
WEB	2 - 2400.0 X 12.0	57600				27648000000
LOWER RIB	5 - 150.0 X 14.0	10500	-1125.00	-11812500	13289062500	19687500
LOWER FL.	1 - 2700.0 X 16.0	43200	-1208.00	-52185600	63040204800	921600
TOTAL		159600		-6561000	144687222000	27688914000

$$I_s' = \sum AsY^2 + \sum Io$$
$$= 144687222000 + 27688914000 = 172376136000 \text{ mm}^4$$

$$\delta s = \sum AsY / \sum As$$
$$= -6561000 / 159600 = -41.11 \text{ mm}$$

$$I_{33} = I_s' - \sum As \times \delta s^2$$
$$= 172376136000 - 159600 \times (-41.109)^2 = 172106419703 \text{ mm}^4$$

$$I_{22} = (b_3^3 \times t_u / 12) + (b_3^3 \times t_l / 12) + ((H \times t_w^3 / 12) + (H \times t_w \times (b_2 / 2 + t_w / 2)^2)) \times 2$$
$$= (2700^3 \times 14 / 12) + (2700^3 \times 16 / 12) + ((2400 \times 12^3 / 12) + (2400 \times 12 \times (2500 / 2 + 12 / 2)^2)) \times 2 = 140074264800 \text{ mm}^4$$

- 비틀림 강성

$$b_k = b_2 + t_w / 2 \times 2$$
$$= 2500.000 + 12.000 / 2 \times 2 = 2512.00 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 H_k &= H + t_u / 2 + t_l / 2 \\
 &= 2400.000 + 14.000 / 2 + 16.000 / 2 = 2415.00 \text{ mm} \\
 K &= (4 \times b k^2 \times H k^2) / (2 \times H k / t_w + b k / t_u + b k / t_l) \\
 &= (4 \times 2512^2 \times 2415^2) / (2 \times 2415/12 + 2512/14 + 2512/16) \\
 &= 199219145197 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

② 합성후 단면

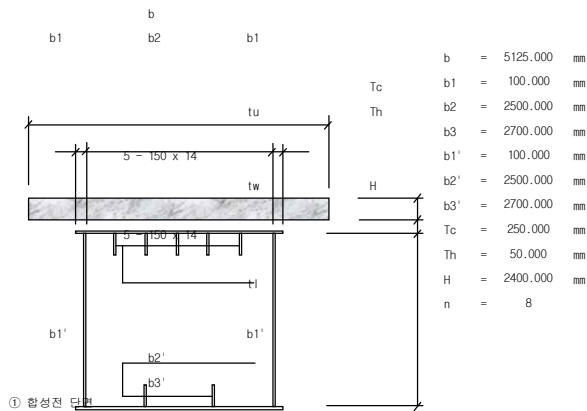
$$\begin{aligned}
 A_c &= b \times T_c \\
 &= 5125.000 \times 250.000 = 1281250 \text{ mm}^2 \\
 A_v &= \sum A_s + A_c/N \\
 &= 159600 + 1281250 / 8 = 319756 \text{ mm}^2 \\
 I_c &= b \times T_c^3 / 12 \\
 &= 5125.000 \times 250.000^3 / 12 = 6673177083 \text{ mm}^4 \\
 d_v &= H / 2 - s + T_h + T_c / 2 \\
 &= 2400.000 / 2 - 41.109 + 50.000 + 250.000 / 2 = 1416.11 \text{ mm} \\
 d_{vc} &= d_v \cdot \sum A_s / A_v \\
 &= 1416.109 \times 159600 / 319756 = 706.82 \text{ mm} \\
 d_{vs} &= d_v - d_{vc} = 1416.109 - 706.823 = 709.29 \text{ mm} \\
 I_{v33} &= I_{33} + I_c/N + \sum A_s \cdot d_{vs}^2 + A_c/N \cdot d_{vc}^2 \\
 &= 172106419703 + 6673177083 / 8 + 159600 \times 709.286^2 \\
 &\quad + 1281250 / 8 \times 706.823^2 = 333247060899 \text{ mm}^4 \\
 I_{v22} &= I_{22} + b^3 \times T_c / 12 / N \\
 &= 140074264800 + 5125.000^3 \\
 &\quad \times 250.000 / 12 / 8 = 490624598459 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

- 비틀림 강성

* 합성단면의 K값 산정시 CON'C SLAB의 두께를 강재로 환산하여 적용한다.

$$\begin{aligned}
 t_{cu} &= t_u + T_c / N \\
 &= 14.000 + 250.000 / 8 = 45.25 \text{ mm} \\
 K &= (4 \times b k^2 \times H k^2) / (2 \times H k / t_w + b k / t_{cu} + b k / t_l) \\
 &= (4 \times 2512^2 \times 2415^2) / (2 \times 2415/12 + 2512/45.25 + 2512/16) \\
 &= 239358393994 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

- Section G1, 3 - 10



① 합성전 단면

구분	규격	As(mm ²)	Y(mm)	AsY(mm ³)	AsY ² (mm ⁴)	Io(mm ⁴)
UPPER FL.	1 - 2700.0 X 14.0	37800	1207.00	45624600	55068892200	617400
UPPER RIB	5 - 150.0 X 14.0	10500	1125.00	11812500	13289062500	19687500
WEB	2 - 2400.0 X 12.0	57600	-1125.00	-11812500	13289062500	27648000000
LOWER RIB	5 - 150.0 X 14.0	10500	-1211.00	-71933400	87111347400	19687500
LOWER FL.	1 - 2700.0 X 22.0	59400	-1211.00	-71933400	87111347400	2395800
TOTAL		175800		-26308800	168756364600	27690388200

$$I_s' = \sum AsY^2 + \sum I_o$$
$$= 168756364600 + 27690388200 = 196448752800 \text{ mm}^4$$

$$\delta s = \sum AsY / \sum As$$
$$= -26308800 / 175800 = -149.65 \text{ mm}$$

$$I_{33} = I_s' - \sum As \times \delta s^2$$
$$= 196448752800 - 175800 \times (-149.65)^2 = 192511591495 \text{ mm}^4$$

$$I_{22} = (b_3^3 \times t_u / 12) + (b_3^3 \times t_l / 12) + ((H \times t_w^3 / 12) + (H \times t_w \times (b_2 / 2 + t_w / 2)^2)) \times 2$$
$$= (2700^3 \times 14 / 12) + (2700^3 \times 22 / 12) + ((2400 \times 12^3 / 12) + (2400 \times 12 \times (2500 / 2 + 12 / 2)^2)) \times 2$$
$$= 149915764800 \text{ mm}^4$$

- 비틀림 강성

$$b_k = b_2 + t_w / 2 \times 2$$
$$= 2500.000 + 12.000 / 2 \times 2 = 2512.00 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 H_k &= H + t_u / 2 + t_l / 2 \\
 &= 2400.000 + 14.000 / 2 + 22.000 / 2 = 2418.00 \quad \text{mm} \\
 K &= (4 \times b k^2 \times H k^2) / (2 \times H k / t_w + b k / t_u + b k / t_l) \\
 &= (4 \times 2512^2 \times 2418^2) / (2 \times 2418/12 + 2512/14 + 2512/22) \\
 &= 211846799408 \quad \text{mm}^4
 \end{aligned}$$

② 합성후 단면

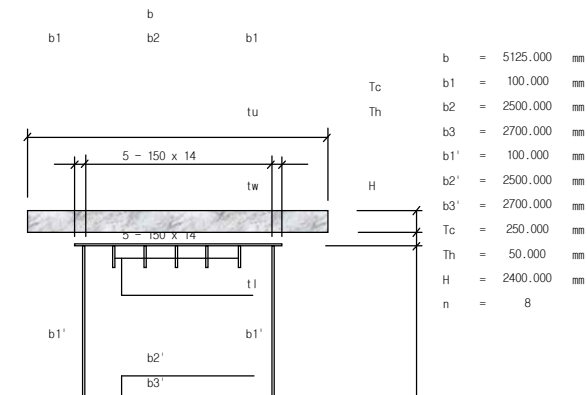
$$\begin{aligned}
 A_c &= b \times T_c \\
 &= 5125.000 \times 250.000 = 1281250 \quad \text{mm}^2 \\
 A_v &= \sum A_s + A_c/N \\
 &= 175800 + 1281250 / 8 = 335956 \quad \text{mm}^2 \\
 I_c &= b \times T_c^3 / 12 \\
 &= 5125.000 \times 250.000^3 / 12 = 6673177083 \quad \text{mm}^4 \\
 d_v &= H / 2 - s + T_h + T_c / 2 \\
 &= 2400.000 / 2 - 149.652 + 50.000 + 250.000 / 2 = 1524.65 \quad \text{mm} \\
 d_{vc} &= d_v \cdot \sum A_s / A_v \\
 &= 1524.652 \times 175800 / 335956 = 797.82 \quad \text{mm} \\
 d_{vs} &= d_v - d_{vc} = 1524.652 - 797.824 = 726.83 \quad \text{mm} \\
 I_{v33} &= I_{33} + I_c/N + \sum A_s \cdot d_{vs}^2 + A_c/N \cdot d_{vc}^2 \\
 &= 192511591495 + 6673177083 / 8 + 175800 \times 726.828^2 \\
 &\quad + 1281250 / 8 \times 797.824^2 = 388160303498 \quad \text{mm}^4 \\
 I_{v22} &= I_{22} + b^3 \times T_c / 12 / N \\
 &= 149915764800 + 5125.000^3 \\
 &\quad \times 250.000 / 12 / 8 = 500466098459 \quad \text{mm}^4
 \end{aligned}$$

- 비틀림 강성

* 합성단면의 K값 산정시 CON'C SLAB의 두께를 강재로 환산하여 적용한다.

$$\begin{aligned}
 t_{cu} &= t_u + T_c / N \\
 &= 14.000 + 250.000 / 8 = 45.25 \quad \text{mm} \\
 K &= (4 \times b k^2 \times H k^2) / (2 \times H k / t_w + b k / t_{cu} + b k / t_l) \\
 &= (4 \times 2512^2 \times 2418^2) / (2 \times 2418/12 + 2512/45.25 + 2512/22) \\
 &= 257684315465 \quad \text{mm}^4
 \end{aligned}$$

- Section G1, 3 - 11



(0) 합성성 단면										
구분	번	크	크	크	AS ₁ (mm ²)	Y(mm)	AS ₂ (mm ²)	AS ₂ ² (mm ⁴)	I _o (mm ⁴)	
UPPER FL.	1	-	2700.0	X	24.0	64800	1212.00	78537600	95187571200	3110400
UPPER RIB	5	-	150.0	X	14.0	10500	1125.00	11812500	13289062500	19687500
W E B	2	-	2400.0	X	12.0	57600				27648000000
LOWER RIB	5	-	150.0	X	14.0	10500	-1125.00	-11812500	13289062500	19687500
LOWER FL.	1	-	2700.0	X	22.0	59400	-1211.00	-71933400	87111347400	2395800
TOTAL						202800		6604200	208677043600	27692881200

$$I_s' = \sum A_s Y^2 + \sum I_o$$
$$= 208677043600 + 27692881200 = 236356924800 \text{ mm}^4$$
$$\delta s = \sum A_s Y / \sum A_s$$
$$= 6604200 / 202800 = 32.57 \text{ mm}$$
$$I_{33} = I_s' - \sum A_s \times \delta s^2$$
$$= 236356924800 - 202800 \times 32.565^2 = 236354868441 \text{ mm}^4$$
$$I_{22} = (b_3^3 \times t_u / 12) + (b_3^3 \times t_l / 12) + ((H \times t_w^3 / 12) + (H \times t_w \times (b_2 / 2 + t_w / 2)^2)) \times 2$$
$$= (2700^3 \times 24 / 12) + (2700^3 \times 22 / 12) + ((2400 \times 12^3 / 12) + (2400 \times 12 \times (2500 / 2 + 12 / 2)^2)) \times 2 = 166318264800 \text{ mm}^4$$

- 비틀림 강성

$$b_k = b_2 + t_w / 2 \times 2$$
$$= 2500.000 + 12.000 / 2 \times 2 = 2512.00 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 H_k &= H + t_u / 2 + t_l / 2 \\
 &= 2400.000 + 24.000 / 2 + 22.000 / 2 = 2423.00 \text{ mm} \\
 K &= (4 \times b k^2 \times H k^2) / (2 \times H k / t_w + b k / t_u + b k / t_l) \\
 &= (4 \times 2512^2 \times 2423^2) / (2 \times 2423/12 + 2512/24 + 2512/22) \\
 &= 237979695710 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

② 합성후 단면

$$\begin{aligned}
 A_c &= b \times T_c \\
 &= 5125.000 \times 250.000 = 1281250 \text{ mm}^2 \\
 A_v &= \sum A_s + A_c/N \\
 &= 202800 + 1281250 / 8 = 362956 \text{ mm}^2 \\
 I_c &= b \times T_c^3 / 12 \\
 &= 5125.000 \times 250.000^3 / 12 = 6673177083 \text{ mm}^4 \\
 d_v &= H / 2 - s + T_h + T_c / 2 \\
 &= 2400.000 / 2 - 32.565 + 50.000 + 250.000 / 2 = 1342.43 \text{ mm} \\
 d_{vc} &= d_v \cdot \sum A_s / A_v \\
 &= 1342.435 \times 202800 / 362956 = 750.08 \text{ mm} \\
 d_{vs} &= d_v - d_{vc} = 1342.435 - 750.079 = 592.36 \text{ mm} \\
 I_{v33} &= I_{33} + I_c/N + \sum A_s \cdot d_{vs}^2 + A_c/N \cdot d_{vc}^2 \\
 &= 236354858441 + 6673177083 / 8 + 202800 \times 592.356^2 \\
 &\quad + 1281250 / 8 \times 750.079^2 = 398455460305 \text{ mm}^4 \\
 I_{v22} &= I_{22} + b^3 \times T_c / 12 / N \\
 &= 166318264800 + 5125.000^3 \\
 &\quad \times 250.000 / 12 / 8 = 516868598459 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

- 비틀림 강성

* 합성단면의 K값 산정시 CON'C SLAB의 두께를 강재로 환산하여 적용한다.

$$\begin{aligned}
 t_{cu} &= t_u + T_c / N \\
 &= 24.000 + 250.000 / 8 = 55.25 \text{ mm} \\
 K &= (4 \times b k^2 \times H k^2) / (2 \times H k / t_w + b k / t_{cu} + b k / t_l) \\
 &= (4 \times 2512^2 \times 2423^2) / (2 \times 2423/12 + 2512/55.25 + 2512/22) \\
 &= 262982377595 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 H_k &= H + t_u / 2 + t_l / 2 \\
 &= 2400.000 + 24.000 / 2 + 34.000 / 2 = 2429.00 \quad \text{mm} \\
 K &= (4 \times b k^2 \times H k^2) / (2 \times H k / t_w + b k / t_u + b k / t_l) \\
 &= (4 \times 2512^2 \times 2429^2) / (2 \times 2429/12 + 2512/24 + 2512/34) \\
 &= 255270719988 \quad \text{mm}^4
 \end{aligned}$$

② 합성후 단면

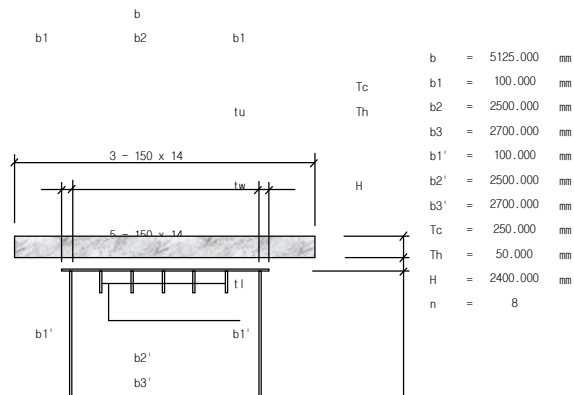
$$\begin{aligned}
 A_c &= b \times T_c \\
 &= 5125.000 \times 250.000 = 1281250 \quad \text{mm}^2 \\
 A_v &= \sum A_s + A_c/N \\
 &= 231000 + 1281250 / 8 = 391156 \quad \text{mm}^2 \\
 I_c &= b \times T_c^3 / 12 \\
 &= 5125.000 \times 250.000^3 / 12 = 6673177083 \quad \text{mm}^4 \\
 d_v &= H / 2 - s + T_h + T_c / 2 \\
 &= 2400.000 / 2 - 164.104 + 50.000 + 250.000 / 2 = 1539.10 \quad \text{mm} \\
 d_{vc} &= d_v \cdot \sum A_s / A_v \\
 &= 1539.104 \times 231000 / 391156 = 908.93 \quad \text{mm} \\
 d_{vs} &= d_v - d_{vc} = 1539.104 - 908.928 = 630.18 \quad \text{mm} \\
 I_{v33} &= I_{33} + I_c/N + \sum A_s \cdot d_{vs}^2 + A_c/N \cdot d_{vc}^2 \\
 &= 273884644706 + 6673177083 / 8 + 231000 \times 630.176^2 \\
 &\quad + 1281250 / 8 \times 908.928^2 = 498766998733 \quad \text{mm}^4 \\
 I_{v22} &= I_{22} + b^3 \times T_c / 12 / N \\
 &= 186001264800 + 5125.000^3 \\
 &\quad \times 250.000 / 12 / 8 = 536551598459 \quad \text{mm}^4
 \end{aligned}$$

- 비틀림 강성

* 합성단면의 K값 산정시 CON'C SLAB의 두께를 강재로 환산하여 적용한다.

$$\begin{aligned}
 t_{cu} &= t_u + T_c / N \\
 &= 24.000 + 250.000 / 8 = 55.25 \quad \text{mm} \\
 K &= (4 \times b k^2 \times H k^2) / (2 \times H k / t_w + b k / t_{cu} + b k / t_l) \\
 &= (4 \times 2512^2 \times 2429^2) / (2 \times 2429/12 + 2512/55.25 + 2512/34) \\
 &= 284100759652 \quad \text{mm}^4
 \end{aligned}$$

- Section G1, 3 - 12-1



① 합성전 단면

구분					As(mm ²)	Y(mm)	AsY(mm ³)	AsY ² (mm ⁴)	Io(mm ⁴)	
UPPER FL.	1	-	2700.0	X	24.0	64800	1212.00	78537600	95187571200	3110400
UPPER RIB	3	-	150.0	X	14.0	8300	1125.00	7087500	7973437500	11812500
W E B	2	-	2400.0	X	12.0	57600				27648000000
LOWER RIB	5	-	150.0	X	14.0	10500	-1125.00	-11812500	13289062500	19687500
LOWER FL.	1	-	2700.0	X	34.0	91800	-1217.00	-111720600	135963970200	8843400
TOTAL						231000		-37908000	252414041400	27691453800

$$I_s' = \sum A_s Y^2 + \sum I_o$$
$$= 252414041400 + 27691453800 = 280105495200 \text{ mm}^4$$
$$\delta s = \frac{\sum A_s Y}{\sum A_s}$$
$$= \frac{-37908000}{231000} = -164.10 \text{ mm}$$
$$I_{33} = I_s' - \sum A_s \times \delta s^2$$
$$= 280105495200 - 231000 \times (-164.10)^2 = 273884644706 \text{ mm}^4$$
$$I_{22} = (b_3^3 \times t_u / 12) + (b_3^3 \times t_l / 12) + ((H \times t_w^3 / 12) + (H \times t_w \times (b_2 / 2 + t_w / 2)^2)) \times 2$$
$$= (2700^3 \times 24 / 12) + (2700^3 \times 34 / 12) + ((2400 \times 12^3 / 12) + (2400 \times 12 \times (2500 / 2 + 12 / 2)^2)) \times 2 = 186001264800 \text{ mm}^4$$

- 비틀림 강성

$$b_k = b_2 + t_w / 2 \times 2$$
$$= 2500.000 + 12.000 / 2 \times 2 = 2512.00 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 H_k &= H + t_u / 2 + t_l / 2 \\
 &= 2400.000 + 24.000 / 2 + 34.000 / 2 = 2429.00 \quad \text{mm} \\
 K &= (4 \times b k^2 \times H k^2) / (2 \times H k / t_w + b k / t_u + b k / t_l) \\
 &= (4 \times 2512^2 \times 2429^2) / (2 \times 2429/12 + 2512/24 + 2512/34) \\
 &= 255270719988 \quad \text{mm}^4
 \end{aligned}$$

② 합성후 단면

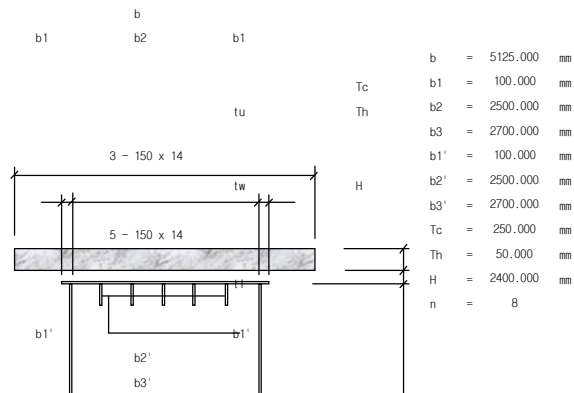
$$\begin{aligned}
 A_c &= b \times T_c \\
 &= 5125.000 \times 250.000 = 1281250 \quad \text{mm}^2 \\
 A_v &= \sum A_s + A_c/N \\
 &= 231000 + 1281250 / 8 = 391156 \quad \text{mm}^2 \\
 I_c &= b \times T_c^3 / 12 \\
 &= 5125.000 \times 250.000^3 / 12 = 6673177083 \quad \text{mm}^4 \\
 d_v &= H / 2 - s + T_h + T_c / 2 \\
 &= 2400.000 / 2 - 164.104 + 50.000 + 250.000 / 2 = 1539.10 \quad \text{mm} \\
 d_{vc} &= d_v \cdot \sum A_s / A_v \\
 &= 1539.104 \times 231000 / 391156 = 908.93 \quad \text{mm} \\
 d_{vs} &= d_v - d_{vc} = 1539.104 - 908.928 = 630.18 \quad \text{mm} \\
 I_{v33} &= I_{33} + I_c/N + \sum A_s \cdot d_{vs}^2 + A_c/N \cdot d_{vc}^2 \\
 &= 273884644706 + 6673177083 / 8 + 231000 \times 630.176^2 \\
 &\quad + 1281250 / 8 \times 908.928^2 = 498766998733 \quad \text{mm}^4 \\
 I_{v22} &= I_{22} + b^3 \times T_c / 12 / N \\
 &= 186001264800 + 5125.000^3 \\
 &\quad \times 250.000 / 12 / 8 = 536551598459 \quad \text{mm}^4
 \end{aligned}$$

- 비틀림 강성

* 합성단면의 K값 산정시 CON'C SLAB의 두께를 강재로 환산하여 적용한다.

$$\begin{aligned}
 t_{cu} &= t_u + T_c / N \\
 &= 24.000 + 250.000 / 8 = 55.25 \quad \text{mm} \\
 K &= (4 \times b k^2 \times H k^2) / (2 \times H k / t_w + b k / t_{cu} + b k / t_l) \\
 &= (4 \times 2512^2 \times 2429^2) / (2 \times 2429/12 + 2512/55.25 + 2512/34) \\
 &= 284100759652 \quad \text{mm}^4
 \end{aligned}$$

- Section G1, 3 - 13



b = 5125.000 mm
b1 = 100.000 mm
b2 = 2500.000 mm
b3 = 2700.000 mm
b1' = 100.000 mm
b2' = 2500.000 mm
b3' = 2700.000 mm
Tc = 250.000 mm
Th = 50.000 mm
H = 2400.000 mm
n = 8

① 합성전 단면

구분	규격	As(mm ²)	Y(mm)	AsY ³ (mm ³)	AsY ² (mm ⁴)	Io(mm ⁴)
UPPER FL.	3 - 2700.0 X 14.0	64800	-1212.00	-78537600	95187571200	3110400
UPPER RIB	3 - 150.0 X 14.0	6300	1125.00	7087500	7973437500	11812500
WEB	2 - 2400.0 X 14.0	67200				32256000000
LOWER RIB	3 - 150.0 X 14.0	6300	-1125.00	-11812500	13289062500	19687500
LOWER FL.	4 - 2700.0 X 14.0	91800	-1217.00	-111720600	135963970200	8843400
TOTAL		240600		-37908000	252414041400	32299453800

$$I_s' = \sum AsY^2 + \sum I_o$$
$$= 252414041400 + 32299453800 = 284713495200 \text{ mm}^4$$
$$\delta s = \sum AsY / \sum As$$
$$= -37908000 / 240600 = -157.56 \text{ mm}$$
$$I_{33} = I_s' - \sum As \times \delta s^2$$
$$= 284713495200 - 240600 \times (-157.56)^2 = 278740858193 \text{ mm}^4$$
$$I_{22} = (b_3^3 \times t_u / 12) + (b_3^3 \times t_l / 12) + ((H \times t_w^3 / 12) + (H \times t_w \times (b_2 / 2 + t_w / 2)^2)) \times 2$$
$$= (2700^3 \times 24 / 12) + (2700^3 \times 34 / 12) + ((2400 \times 14^3 / 12) + (2400 \times 14 \times (2500 / 2 + 14 / 2)^2)) \times 2 = 201314890400 \text{ mm}^4$$

- 비틀림 강성

$$b_k = b_2 + t_w / 2 \times 2$$
$$= 2500.000 + 14.000 / 2 \times 2 = 2514.00 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 H_k &= H + t_u / 2 + t_l / 2 \\
 &= 2400.000 + 24.000 / 2 + 34.000 / 2 = 2429.00 \quad \text{mm} \\
 K &= (4 \times b k^2 \times H k^2) / (2 \times H k / t_w + b k / t_u + b k / t_l) \\
 &= (4 \times 2514^2 \times 2429^2) / (2 \times 2429/14 + 2514/24 + 2514/34) \\
 &= 283736286223 \quad \text{mm}^4
 \end{aligned}$$

② 합성후 단면

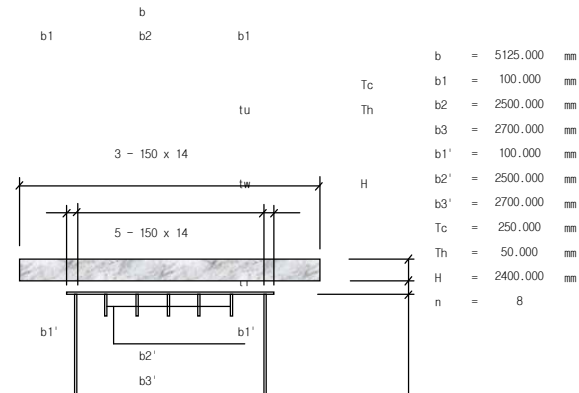
$$\begin{aligned}
 A_c &= b \times T_c \\
 &= 5125.000 \times 250.000 = 1281250 \quad \text{mm}^2 \\
 A_v &= \sum A_s + A_c/N \\
 &= 240600 + 1281250 / 8 = 400756 \quad \text{mm}^2 \\
 I_c &= b \times T_c^3 / 12 \\
 &= 5125.000 \times 250.000^3 / 12 = 6673177083 \quad \text{mm}^4 \\
 d_v &= H / 2 - \delta s + T_h + T_c / 2 \\
 &= 2400.000 / 2 - 157.556 + 50.000 + 250.000 / 2 = 1532.56 \quad \text{mm} \\
 d_{vc} &= d_v \cdot \sum A_s / A_v \\
 &= 1532.556 \times 240600 / 400756 = 920.09 \quad \text{mm} \\
 d_{vs} &= d_v - d_{vc} = 1532.556 - 920.093 = 612.46 \quad \text{mm} \\
 I_{v33} &= I_{33} + I_c/N + \sum A_s \cdot d_{vs}^2 + A_c/N \cdot d_{vc}^2 \\
 &= 278740658193 + 6673177083 / 8 + 240600 \times 612.463^2 \\
 &\quad + 1281250 / 8 \times 920.093^2 = 505410383873 \quad \text{mm}^4 \\
 I_{v22} &= I_{22} + b^3 \times T_c / 12 / N \\
 &= 201314890400 + 5125.000^3 \\
 &\quad \times 250.000 / 12 / 8 = 551865224059 \quad \text{mm}^4
 \end{aligned}$$

- 비틀림 강성

* 합성단면의 K값 산정시 CON'C SLAB의 두께를 강재로 환산하여 적용한다.

$$\begin{aligned}
 t_{cu} &= t_u + T_c / N \\
 &= 24.000 + 250.000 / 8 = 55.25 \quad \text{mm} \\
 K &= (4 \times b k^2 \times H k^2) / (2 \times H k / t_w + b k / t_{cu} + b k / t_l) \\
 &= (4 \times 2514^2 \times 2429^2) / (2 \times 2429/14 + 2514/55.25 + 2514/34) \\
 &= 319776525230 \quad \text{mm}^4
 \end{aligned}$$

- Section G1, 3 - 14



b	=	5125.000	mm
b1	=	100.000	mm
b2	=	2500.000	mm
b3	=	2700.000	mm
b1'	=	100.000	mm
b2'	=	2500.000	mm
b3'	=	2700.000	mm
Tc	=	250.000	mm
Th	=	50.000	mm
H	=	2400.000	mm
n	=	8	

① 합성전 단면

구분	구분	As(mm ²)	Y(mm)	AsY ² (mm ³)	AsY ³ (mm ⁴)	Io(mm ⁴)
UPPER FL.	1 - 2700.0 X 32.0	86400	1216.00	105062400	127755678400	7372800
UPPER RIB	3 - 150.0 X 14.0	6300	1125.00	7687500	7973437500	11812500
W E B	2 - 2400.0 X 14.0	67200				32256000000
LOWER RIB	5 - 150.0 X 14.0	10500	-1125.00	-11812500	13289062500	19687500
LOWER FL.	1 - 2700.0 X 34.0	91800	-1217.00	-111720600	135963970200	8843400
TOTAL		262200		-11383200	284982348600	32303716200

$$I_s' = \sum AsY^2 + \sum Io$$

$$= 284982348600 + 32303716200 = 317286064800 \text{ mm}^4$$

$$\delta s = \sum AsY / \sum As$$

$$= -11383200 / 262200 = -43.41 \text{ mm}$$

$$I_{33} = I_s' - \sum As \times \delta s^2$$

$$= 317286064800 - 262200 \times (-43.41)^2 = 316791872419 \text{ mm}^4$$

$$I_{22} = (b_3^3 \times t_u / 12) + (b_3^3 \times t_l / 12) + ((H \times t_w^3 / 12) + (H \times t_w \times (b_2 / 2 + t_w / 2)^2)) \times 2$$

$$= (2700^3 \times 32 / 12) + (2700^3 \times 34 / 12) + ((2400 \times 14^3 / 12) + (2400 \times 14 \times (2500 / 2 + 14 / 2)^2)) \times 2$$

$$= 214436890400 \text{ mm}^4$$

- 비틀림 강성

$$b_k = b_2 + t_w / 2 \times 2$$

$$= 2500.000 + 14.000 / 2 \times 2 = 2514.00 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 H_k &= H + t_u / 2 + t_l / 2 \\
 &= 2400.000 + 32.000 / 2 + 34.000 / 2 = 2433.00 \quad \text{mm} \\
 K &= (4 \times b k^2 \times H k^2) / (2 \times H k / t_w + b k / t_u + b k / t_l) \\
 &= (4 \times 2514^2 \times 2433^2) / (2 \times 2433/14 + 2514/32 + 2514/34) \\
 &= 299253694676 \quad \text{mm}^4
 \end{aligned}$$

② 합성후 단면

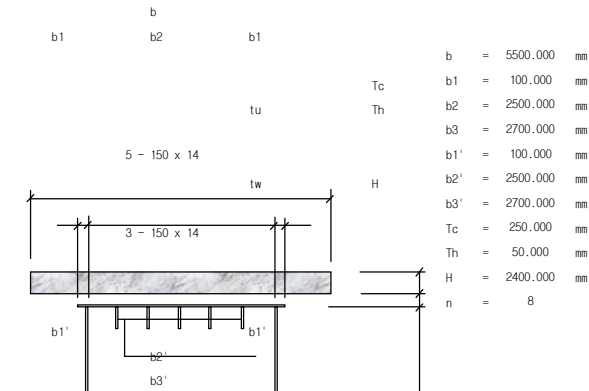
$$\begin{aligned}
 A_c &= b \times T_c \\
 &= 5125.000 \times 250.000 = 1281250 \quad \text{mm}^2 \\
 A_v &= \sum A_s + A_c/N \\
 &= 262200 + 1281250 / 8 = 422356 \quad \text{mm}^2 \\
 I_c &= b \times T_c^3 / 12 \\
 &= 5125.000 \times 250.000^3 / 12 = 6673177083 \quad \text{mm}^4 \\
 d_v &= H / 2 - \delta s + T_h + T_c / 2 \\
 &= 2400.000 / 2 - 43.414 + 50.000 + 250.000 / 2 = 1418.41 \quad \text{mm} \\
 d_{vc} &= d_v \cdot \sum A_s / A_v \\
 &= 1418.414 \times 262200 / 422356 = 880.56 \quad \text{mm} \\
 d_{vs} &= d_v - d_{vc} = 1418.414 - 880.556 = 537.86 \quad \text{mm} \\
 I_{v33} &= I_{33} + I_c/N + \sum A_s \cdot d_{vs}^2 + A_c/N \cdot d_{vc}^2 \\
 &= 316791872419 + 6673177083 / 8 + 262200 \times 537.858^2 \\
 &\quad + 1281250 / 8 \times 880.556^2 = 517660004514 \quad \text{mm}^4 \\
 I_{v22} &= I_{22} + b^3 \times T_c / 12 / N \\
 &= 214436890400 + 5125.000^3 \\
 &\quad \times 250.000 / 12 / 8 = 564987224059 \quad \text{mm}^4
 \end{aligned}$$

- 비틀림 강성

* 합성단면의 K값 산정시 CON'C SLAB의 두께를 강재로 환산하여 적용한다.

$$\begin{aligned}
 t_{cu} &= t_u + T_c / N \\
 &= 32.000 + 250.000 / 8 = 63.25 \quad \text{mm} \\
 K &= (4 \times b k^2 \times H k^2) / (2 \times H k / t_w + b k / t_{cu} + b k / t_l) \\
 &= (4 \times 2514^2 \times 2433^2) / (2 \times 2433/14 + 2514/63.25 + 2514/34) \\
 &= 324436195198 \quad \text{mm}^4
 \end{aligned}$$

- Section G2-1



b	=	5500.000	mm
b1	=	100.000	mm
b2	=	2500.000	mm
b3	=	2700.000	mm
b1'	=	100.000	mm
b2'	=	2500.000	mm
b3'	=	2700.000	mm
Tc	=	250.000	mm
Th	=	50.000	mm
H	=	2400.000	mm
n	=	8	

① 합성전 단면

구분	구격	As(mm ²)	Y(mm)	AsY ³ (mm ³)	AsY ² (mm ⁴)	Io(mm ⁴)
UPPER FL.	- 2700.0 X 12.0	32400	1206.00	39074400	47123726400	388800
UPPER RIB	- 150.0 X 14.0	6300	-1125.00	-7087500	7973437500	11812500
W E B	- 2400.0 X 12.0	57600	-1206.00	-39074400	47123726400	388800
LOWER RIB	- 150.0 X 14.0	6300	-1125.00	-7087500	7973437500	11812500
LOWER FL.	- 2700.0 X 12.0	32400	1206.00	39074400	47123726400	388800
TOTAL		139200		4725000	115509952800	27680277600

$$I_s' = \sum AsY^2 + \sum Io$$
$$= 115509952800 + 27680277600 = 143190230400 \text{ mm}^4$$

$$\delta s = \sum AsY / \sum As$$

$$= 4725000 / 139200 = 33.94 \text{ mm}$$

$$I_{33} = I_s' - \sum As \times \delta s^2$$
$$= 143190230400 - 139200 \times 33.94^2 = 143029845163 \text{ mm}^4$$

$$I_{22} = (b_3^3 \times t_u / 12) + (b_3'^3 \times t_l / 12) + ((H \times t_w^3 / 12) + (H \times t_w \times (b_2 / 2 + t_w / 2)^2)) \times 2$$
$$= (2700^3 \times 12 / 12) + (2700^3 \times 12 / 12) + ((2400 \times 12^3 / 12) + (2400 \times 12 \times (2500 / 2 + 12 / 2)^2)) \times 2 = 130232764800 \text{ mm}^4$$

- 비틀림 강성

$$I_{kt} = b_2 \times t_w / 2 \times 2$$
$$= 2500.000 \times 12.000 / 2 \times 2 = 2512.00 \text{ mm}^4$$

$$\begin{aligned}
 H_k &= H + t_u / 2 + t_l / 2 \\
 &= 2400.000 + 12.000 / 2 + 12.000 / 2 = 2412.00 \quad \text{mm} \\
 K &= (4 \times b k^2 \times H k^2) / (2 \times H k / t_w + b k / t_u + b k / t_l) \\
 &= (4 \times 2512^2 \times 2412^2) / (2 \times 2412/12 + 2512/12 + 2512/12) \\
 &= 178931611999 \quad \text{mm}^4
 \end{aligned}$$

② 합성후 단면

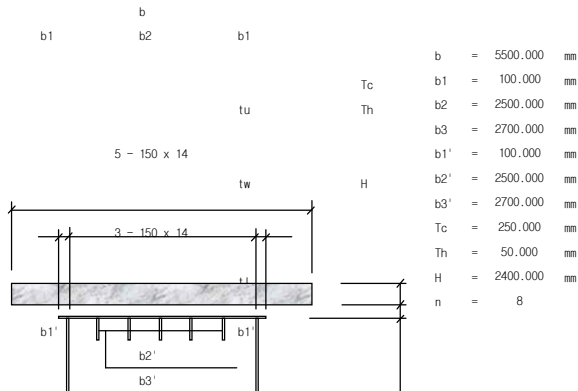
$$\begin{aligned}
 A_c &= b \times T_c \\
 &= 5500.000 \times 250.000 = 1375000 \quad \text{mm}^2 \\
 A_v &= \sum A_s + A_c/N \\
 &= 139200 + 1375000 / 8 = 311075 \quad \text{mm}^2 \\
 I_c &= b \times T_c^3 / 12 \\
 &= 5500.000 \times 250.000^3 / 12 = 7161458333 \quad \text{mm}^4 \\
 d_v &= H / 2 - s + T_h + T_c / 2 \\
 &= 2400.000 / 2 - 33.944 + 50.000 + 250.000 / 2 = 1341.06 \quad \text{mm} \\
 d_{vc} &= d_v \cdot \sum A_s / A_v \\
 &= 1341.056 \times 139200 / 311075 = 600.10 \quad \text{mm} \\
 d_{vs} &= d_v - d_{vc} = 1341.056 - 600.096 = 740.96 \quad \text{mm} \\
 I_{v33} &= I_{33} + I_c/N + \sum A_s \cdot d_{vs}^2 + A_c/N \cdot d_{vc}^2 \\
 &= 143029845163 + 7161458333 / 8 + 139200 \times 740.960^2 \\
 &\quad + 1375000 / 8 \times 600.096^2 = 282243659798 \quad \text{mm}^4 \\
 I_{v22} &= I_{22} + b^3 \times T_c / 12 / N \\
 &= 130232764800 + 5500.000^3 \\
 &\quad \times 250.000 / 12 / 8 = 563500993967 \quad \text{mm}^4
 \end{aligned}$$

- 비틀림 강성

* 합성단면의 K값 산정시 CON'C SLAB의 두께를 강재로 환산하여 적용한다.

$$\begin{aligned}
 t_{cu} &= t_u + T_c / N \\
 &= 12.000 + 250.000 / 8 = 43.25 \quad \text{mm} \\
 K &= (4 \times b k^2 \times H k^2) / (2 \times H k / t_w + b k / t_{cu} + b k / t_l) \\
 &= (4 \times 2512^2 \times 2412^2) / (2 \times 2412/12 + 2512/43.25 + 2512/12) \\
 &= 219360743791 \quad \text{mm}^4
 \end{aligned}$$

- Section G2-2



b	=	5500.000	mm
b_1	=	100.000	mm
b_2	=	2500.000	mm
b_3	=	2700.000	mm
b'_1	=	100.000	mm
b'_2	=	2500.000	mm
b'_3	=	2700.000	mm
t_c	=	250.000	mm
t_h	=	50.000	mm
H	=	2400.000	mm
n	=	8	

① 합성전 단면

구분	구격	$A_s(mm^2)$	$Y(mm)$	$A_sY(mm^3)$	$A_sY^2(mm^4)$	$I_o(mm^4)$
UPPER FL.	1 - 2700.0 X 12.0	32400	1206.00	39074400	47123726400	388800
UPPER RIB	5 - 150.0 X 14.0	10500	1125.00	11812500	13289062500	19687500
W E B	2 - 2400.0 X 12.0	57600				27648000000
LOWER RIB	3 - 150.0 X 14.0	6300	-1125.00	-7087500	7973437500	11812500
LOWER FL.	1 - 2700.0 X 14.0	37800	-1207.00	-45624600	55068892200	617400
TOTAL		144600		-1825200	123455118600	27680506200

$$\begin{aligned}
 I_s' &= \sum A_s Y^2 + \sum I_o \\
 &= 123455118600 + 27680506200 = 151135624800 \text{ mm}^4 \\
 \delta s &= \sum A_s Y / \sum A_s \\
 &= -1825200 / 144600 = -12.62 \text{ mm} \\
 I_{33} &= I_s' - \sum A_s \times \delta s^2 \\
 &= 151135624800 - 144600 \times (-12.62)^2 = 151112586383 \text{ mm}^4 \\
 I_{22} &= (b_3^3 \times t_u / 12) + (b_3'^3 \times t_l / 12) + ((H \times t_w^3 / 12) + (H \times t_w \times (b_2 / 2 + t_w / 2)^2)) \times 2 \\
 &= (2700^3 \times 12 / 12) + (2700^3 \times 14 / 12) + ((2400 \times 12^3 / 12) \\
 &\quad + (2400 \times 12 \times (2500 / 2 + 12 / 2)^2)) \times 2 = 133513264800 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

- 비틀림 강성

$$\begin{aligned}
 b_k &= b_2 + t_w / 2 \times 2 \\
 &= 2500.000 + 12.000 / 2 \times 2 = 2512.00 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 H_k &= H + t_u / 2 + t_l / 2 \\
 &= 2400.000 + 12.000 / 2 + 14.000 / 2 = 2413.00 \quad \text{mm} \\
 K &= (4 \times b k^2 \times H k^2) / (2 \times H k / t_w + b k / t_u + b k / t_l) \\
 &= (4 \times 2512^2 \times 2413^2) / (2 \times 2413/12 + 2512/12 + 2512/14) \\
 &= 185813233544 \quad \text{mm}^4
 \end{aligned}$$

② 합성후 단면

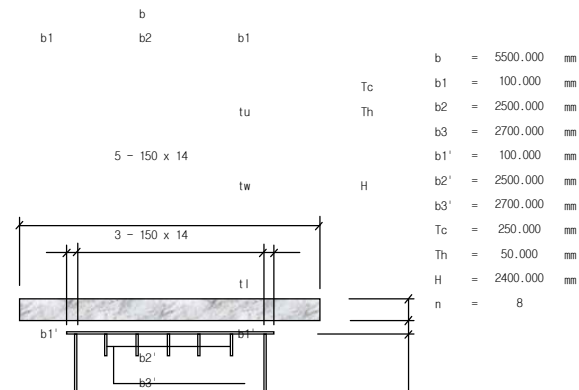
$$\begin{aligned}
 A_c &= b \times T_c \\
 &= 5500.000 \times 250.000 = 1375000 \quad \text{mm}^2 \\
 A_v &= \sum A_s + A_c/N \\
 &= 144600 + 1375000 / 8 = 316475 \quad \text{mm}^2 \\
 I_c &= b \times T_c^3 / 12 \\
 &= 5500.000 \times 250.000^3 / 12 = 7161458333 \quad \text{mm}^4 \\
 d_v &= H / 2 - s + T_h + T_c / 2 \\
 &= 2400.000 / 2 - 12.622 + 50.000 + 250.000 / 2 = 1387.62 \quad \text{mm} \\
 d_{vc} &= d_v \cdot \sum A_s / A_v \\
 &= 1387.622 \times 144600 / 316475 = 634.02 \quad \text{mm} \\
 d_{vs} &= d_v - d_{vc} = 1387.622 - 634.016 = 753.61 \quad \text{mm} \\
 I_{v33} &= I_{c33} + I_c/N + \sum A_s \cdot d_{vs}^2 + A_c/N \cdot d_{vc}^2 \\
 &= 151112586383 + 7161458333 / 8 + 144600 \times 753.606^2 \\
 &\quad + 1375000 / 8 \times 634.016^2 = 303219053511 \quad \text{mm}^4 \\
 I_{v22} &= I_{c22} + b^3 \times T_c / 12 / N \\
 &= 133513264800 + 5500.000^3 \\
 &\quad \times 250.000 / 12 / 8 = 566781493967 \quad \text{mm}^4
 \end{aligned}$$

- 비틀림 강성

* 합성단면의 K값 산정시 CON'C SLAB의 두께를 강재로 환산하여 적용한다.

$$\begin{aligned}
 t_{cu} &= t_u + T_c / N \\
 &= 12.000 + 250.000 / 8 = 43.25 \quad \text{mm} \\
 K &= (4 \times b k^2 \times H k^2) / (2 \times H k / t_w + b k / t_{cu} + b k / t_l) \\
 &= (4 \times 2512^2 \times 2413^2) / (2 \times 2413/12 + 2512/43.25 + 2512/14) \\
 &= 229749057213 \quad \text{mm}^4
 \end{aligned}$$

- Section G2-3



b	=	5500.000	mm
b1	=	100.000	mm
b2	=	2500.000	mm
b3	=	2700.000	mm
b1'	=	100.000	mm
b2'	=	2500.000	mm
b3'	=	2700.000	mm
Tc	=	250.000	mm
Th	=	50.000	mm
H	=	2400.000	mm
n	=	8	

① 합성전 단면

구분	규격	As(mm ²)	Y(mm)	AsY ³ (mm ³)	AsY ² (mm ⁴)	Io(mm ⁴)
UPPER FL.	- 2700.0 X 14.0	37800	1207.00	45624600	55068892200	617400
UPPER RIB	- 150.0 X 14.0	10500	1125.00	11812500	13289062500	19687500
WEB	- 2500.0 X 12.0	57600				27648000000
LOWER RIB	- 150.0 X 14.0	6300	-1125.00	-7087500	7973437500	11812500
LOWER FL.	- 2700.0 X 14.0	37800	-1207.00	-45624600	55068892200	617400
TOTAL		150000		4725000	131400284400	27680734800

$$\begin{aligned}
 I_s' &= \sum A s Y^2 + \sum I_o \\
 &= 131400284400 + 27680734800 = 159081019200 \text{ mm}^4 \\
 \delta s &= \sum A s Y / \sum A s \\
 &= 4725000 / 150000 = 31.50 \text{ mm} \\
 I_{33} &= I_s' - \sum A s \times \delta s^2 \\
 &= 159081019200 - 150000 \times 31.50^2 = 158932181700 \text{ mm}^4 \\
 I_{22} &= (b_3^3 \times t_u / 12) + (b_3^3 \times t_l / 12) + ((H \times t_w^3 / 12) + (H \times t_w \times (b_2 / 2 + t_w / 2)^2)) \times 2 \\
 &= (2700^3 \times 14 / 12) + (2700^3 \times 14 / 12) + ((2400 \times 12^3 / 12) + (2400 \times 12 \times (2500 / 2 + 12 / 2)^2)) \times 2 \\
 &= 136793764800 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

- 비틀림 강성

$$\begin{aligned}
 b_k &= b_2 + t_w / 2 \times 2 \\
 &= 2500.000 + 12.000 / 2 \times 2 = 2512.00 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 H_k &= H + t_u / 2 + t_l / 2 \\
 &= 2400.000 + 14.000 / 2 + 14.000 / 2 = 2414.00 \quad \text{mm} \\
 K &= (4 \times b k^2 \times H k^2) / (2 \times H k / t_w + b k / t_u + b k / t_l) \\
 &= (4 \times 2512^2 \times 2414^2) / (2 \times 2414/12 + 2512/14 + 2512/14) \\
 &= 193232622085 \quad \text{mm}^4
 \end{aligned}$$

② 합성후 단면

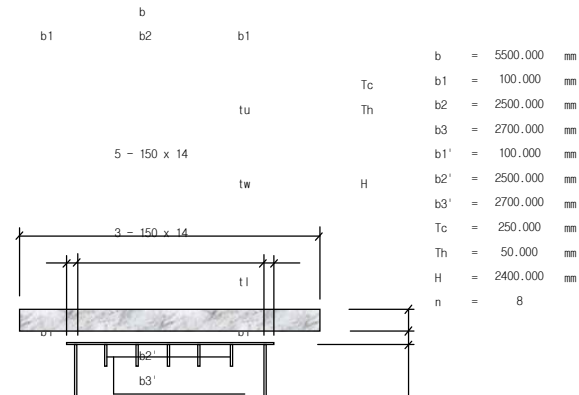
$$\begin{aligned}
 A_c &= b \times T_c \\
 &= 5500.000 \times 250.000 = 1375000 \quad \text{mm}^2 \\
 A_v &= \sum A_s + A_c/N \\
 &= 150000 + 1375000 / 8 = 321875 \quad \text{mm}^2 \\
 I_c &= b \times T_c^3 / 12 \\
 &= 5500.000 \times 250.000^3 / 12 = 7161458333 \quad \text{mm}^4 \\
 d_v &= H / 2 - s + T_h + T_c / 2 \\
 &= 2400.000 / 2 - 31.500 + 50.000 + 250.000 / 2 = 1343.50 \quad \text{mm} \\
 d_{vc} &= d_v \cdot \sum A_s / A_v \\
 &= 1343.500 \times 150000 / 321875 = 626.10 \quad \text{mm} \\
 d_{vs} &= d_v - d_{vc} = 1343.500 - 626.097 = 717.40 \quad \text{mm} \\
 I_{v33} &= I_{c33} + I_c/N + \sum A_s \cdot d_{vs}^2 + A_c/N \cdot d_{vc}^2 \\
 &= 158932181700 + 7161458333 / 8 + 150000 \times 717.403^2 \\
 &\quad + 1375000 / 8 \times 626.097^2 = 304401985958 \quad \text{mm}^4 \\
 I_{v22} &= I_{c22} + b^3 \times T_c / 12 / N \\
 &= 136793764800 + 5500.000^3 \\
 &\quad \times 250.000 / 12 / 8 = 570061993967 \quad \text{mm}^4
 \end{aligned}$$

- 비틀림 강성

* 합성단면의 K값 산정시 CON'C SLAB의 두께를 강재로 환산하여 적용한다.

$$\begin{aligned}
 t_{cu} &= t_u + T_c / N \\
 &= 14.000 + 250.000 / 8 = 45.25 \quad \text{mm} \\
 K &= (4 \times b k^2 \times H k^2) / (2 \times H k / t_w + b k / t_{cu} + b k / t_l) \\
 &= (4 \times 2512^2 \times 2414^2) / (2 \times 2414/12 + 2512/45.25 + 2512/14) \\
 &= 230805643014 \quad \text{mm}^4
 \end{aligned}$$

- Section G2-4



① 합성전 단면

구분	규격	As(mm ²)	Y(mm)	AsY ³ (mm ³)	AsY ² (mm ⁴)	Io(mm ⁴)
UPPER FL.	- 2700.0 X 14.0	37800	1207.00	45624600	55068892200	617400
UPPER RIB	- 150.0 X 14.0	16500	1125.00	11812500	13289062500	19687500
WEB	- 2400.0 X 12.0	57600	-1125.00	-7087500	7973437500	27648000000
LOWER RIB	- 150.0 X 14.0	16500	-1210.00	-65340000	79061400000	11812500
LOWER FL.	- 2700.0 X 20.0	54000	-1210.00	-65340000	79061400000	1800000
TOTAL		166200		-14990400	155392792200	27681917400

$$I_s' = \sum AsY^2 + \sum Io$$

$$= 155392792200 + 27681917400 = 183074709600 \text{ mm}^4$$

$$\delta s = \sum AsY / \sum As$$

$$= -14990400 / 166200 = -90.19 \text{ mm}$$

$$I_{33} = I_s' - \sum As \times \delta s^2$$

$$= 183074709600 - 166200 \times (-90.19)^2 = 181722651284 \text{ mm}^4$$

$$I_{22} = (b3^3 \times tu / 12) + (b3' \times tw^3 / 12) + ((H \times tw^3 / 12) + (H \times tw \times (b2 / 2 + tw / 2)^2)) \times 2$$

$$= (2700^3 \times 14 / 12) + (2700^3 \times 20 / 12) + ((2400 \times 12^3 / 12) + (2400 \times 12 \times (2500 / 2 + 12 / 2)^2)) \times 2$$

$$= 146635264800 \text{ mm}^4$$

- 비틀림 강성

$$bk = b2 + tw / 2 \times 2$$

$$= 2500.000 + 12.000 / 2 \times 2 = 2512.00 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 H_k &= H + t_u / 2 + t_l / 2 \\
 &= 2400.000 + 14.000 / 2 + 20.000 / 2 = 2417.00 \quad \text{mm} \\
 K &= (4 \times b k^2 \times H k^2) / (2 \times H k / t_w + b k / t_u + b k / t_l) \\
 &= (4 \times 2512^2 \times 2417^2) / (2 \times 2417/12 + 2512/14 + 2512/20) \\
 &= 208307075570 \quad \text{mm}^4
 \end{aligned}$$

② 합성후 단면

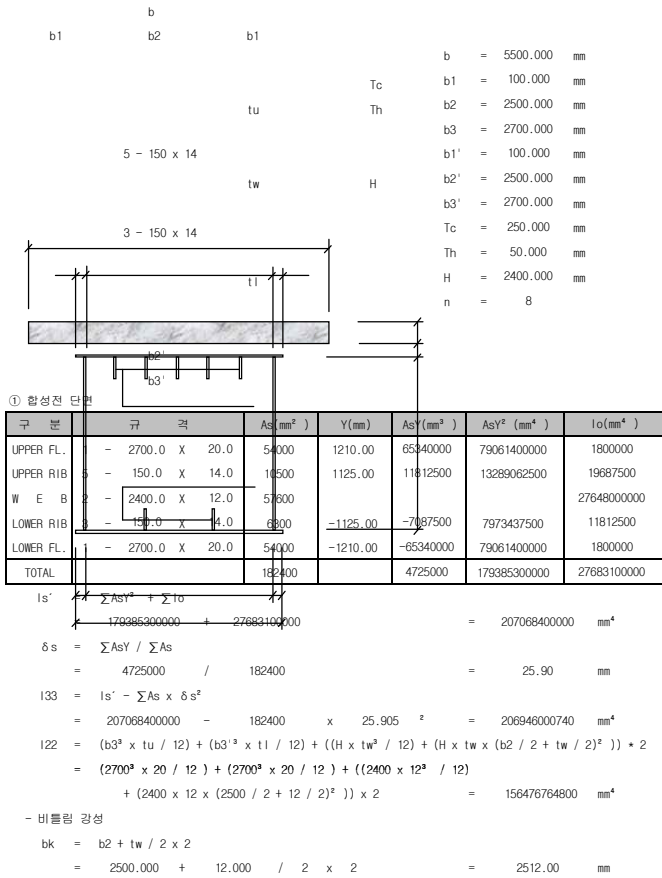
$$\begin{aligned}
 A_c &= b \times T_c \\
 &= 5500.000 \times 250.000 = 1375000 \quad \text{mm}^2 \\
 A_v &= \sum A_s + A_c/N \\
 &= 166200 + 1375000 / 8 = 338075 \quad \text{mm}^2 \\
 I_c &= b \times T_c^3 / 12 \\
 &= 5500.000 \times 250.000^3 / 12 = 7161458333 \quad \text{mm}^4 \\
 d_v &= H / 2 - s + T_h + T_c / 2 \\
 &= 2400.000 / 2 - 90.195 + 50.000 + 250.000 / 2 = 1465.19 \quad \text{mm} \\
 d_{vc} &= d_v \cdot \sum A_s / A_v \\
 &= 1465.195 \times 166200 / 338075 = 720.30 \quad \text{mm} \\
 d_{vs} &= d_v - d_{vc} = 1465.195 - 720.300 = 744.90 \quad \text{mm} \\
 I_{v33} &= I_{33} + I_c/N + \sum A_s \cdot d_{vs}^2 + A_c/N \cdot d_{vc}^2 \\
 &= 181722651284 + 7161458333 / 8 + 166200 \times 744.895^2 \\
 &\quad + 1375000 / 8 \times 720.300^2 = 364011240478 \quad \text{mm}^4 \\
 I_{v22} &= I_{22} + b^3 \times T_c / 12 / N \\
 &= 146635264800 + 5500.000^3 \\
 &\quad \times 250.000 / 12 / 8 = 579903493967 \quad \text{mm}^4
 \end{aligned}$$

- 비틀림 강성

* 합성단면의 K값 산정시 CON'C SLAB의 두께를 강재로 환산하여 적용한다.

$$\begin{aligned}
 t_{cu} &= t_u + T_c / N \\
 &= 14.000 + 250.000 / 8 = 45.25 \quad \text{mm} \\
 K &= (4 \times b k^2 \times H k^2) / (2 \times H k / t_w + b k / t_{cu} + b k / t_l) \\
 &= (4 \times 2512^2 \times 2417^2) / (2 \times 2417/12 + 2512/45.25 + 2512/20) \\
 &= 252510256155 \quad \text{mm}^4
 \end{aligned}$$

- Section G2-5



$$\begin{aligned}
 H_k &= H + t_u / 2 + t_l / 2 \\
 &= 2400.000 + 20.000 / 2 + 20.000 / 2 = 2420.00 \quad \text{mm} \\
 K &= (4 \times b k^2 \times H k^2) / (2 \times H k / t_w + b k / t_u + b k / t_l) \\
 &= (4 \times 2512^2 \times 2420^2) / (2 \times 2420/12 + 2512/20 + 2512/20) \\
 &= 225838626940 \quad \text{mm}^4
 \end{aligned}$$

② 합성후 단면

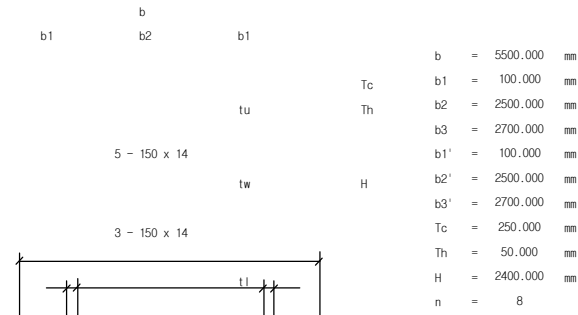
$$\begin{aligned}
 A_c &= b \times T_c \\
 &= 5500.000 \times 250.000 = 1375000 \quad \text{mm}^2 \\
 A_v &= \sum A_s + A_c/N \\
 &= 182400 + 1375000 / 8 = 354275 \quad \text{mm}^2 \\
 I_c &= b \times T_c^3 / 12 \\
 &= 5500.000 \times 250.000^3 / 12 = 7161458333 \quad \text{mm}^4 \\
 d_v &= H / 2 - s + T_h + T_c / 2 \\
 &= 2400.000 / 2 - 25.905 + 50.000 + 250.000 / 2 = 1349.10 \quad \text{mm} \\
 d_{vc} &= d_v \cdot \sum A_s / A_v \\
 &= 1349.095 \times 182400 / 354275 = 694.59 \quad \text{mm} \\
 d_{vs} &= d_v - d_{vc} = 1349.095 - 694.588 = 654.51 \quad \text{mm} \\
 I_{v33} &= I_{33} + I_c/N + \sum A_s \cdot d_{vs}^2 + A_c/N \cdot d_{vc}^2 \\
 &= 206946000740 + 7161458333 / 8 + 182400 \times 654.508^2 \\
 &\quad + 1375000 / 8 \times 694.588^2 = 368899203896 \quad \text{mm}^4 \\
 I_{v22} &= I_{22} + b^3 \times T_c / 12 / N \\
 &= 156476764800 + 5500.000^3 \\
 &\quad \times 250.000 / 12 / 8 = 589744993967 \quad \text{mm}^4
 \end{aligned}$$

- 비틀림 강성

* 합성단면의 K값 산정시 CON'C SLAB의 두께를 강재로 환산하여 적용한다.

$$\begin{aligned}
 t_{cu} &= t_u + T_c / N \\
 &= 20.000 + 250.000 / 8 = 51.25 \quad \text{mm} \\
 K &= (4 \times b k^2 \times H k^2) / (2 \times H k / t_w + b k / t_{cu} + b k / t_l) \\
 &= (4 \times 2512^2 \times 2420^2) / (2 \times 2420/12 + 2512/51.25 + 2512/20) \\
 &= 255765081987 \quad \text{mm}^4
 \end{aligned}$$

- Section G2-6



① 합성전 단면

구분	구분	구분	구분	구분	구분	구분	구분	구분
구분	구분	구분	구분	구분	구분	구분	구분	구분
UPPER FL.	-	2700.0	X	16.0	43200	1208.00	52185600	63040204800
UPPER RIB	-	150.0	X	14.0	14500	1125.00	11812500	13289062500
WEB	-	2400.0	X	12.0	57600			27648000000
LOWER RIB	-	150.0	X	14.0	6300	-1125.00	-7087500	7973437500
LOWER FL.	-	2700.0	X	20.0	54000	-1210.00	-65340000	79061400000
TOTAL					171600		-8429400	163364104800

$$I_s' = \frac{\sum AsY^2 + \sum I_o}{163364104800 + 27682221600} = 191046326400 \text{ mm}^4$$

$$\delta s = \frac{\sum AsY}{\sum As} = \frac{-8429400}{171600} = -49.12 \text{ mm}$$

$$I_{33} = I_s' - \sum As \times \delta s^2 = 191046326400 - 171600 \times (-49.12)^2 = 190632254230 \text{ mm}^4$$

$$I_{22} = (b_3^3 \times t_u / 12) + (b_3'^3 \times t_l / 12) + ((H \times t_w^3 / 12) + (H \times t_w \times (b_2 / 2 + t_w / 2)^2)) \times 2$$

$$= (2700^3 \times 16 / 12) + (2700^3 \times 20 / 12) + ((2400 \times 12^3 / 12) + (2400 \times 12 \times (2500 / 2 + 12 / 2)^2)) \times 2 = 149915764800 \text{ mm}^4$$

- 비틀림 강성

$$J_k = b_2 \times t_w / 2 \times 2 = 2500.000 \times 12.000 / 2 \times 2 = 2512.00 \text{ mm}^4$$

$$\begin{aligned}
 H_k &= H + t_u / 2 + t_l / 2 \\
 &= 2400.000 + 16.000 / 2 + 20.000 / 2 = 2418.00 \quad \text{mm} \\
 K &= (4 \times b k^2 \times H k^2) / (2 \times H k / t_w + b k / t_u + b k / t_l) \\
 &= (4 \times 2512^2 \times 2418^2) / (2 \times 2418/12 + 2512/16 + 2512/20) \\
 &= 215248951973 \quad \text{mm}^4
 \end{aligned}$$

② 합성후 단면

$$\begin{aligned}
 A_c &= b \times T_c \\
 &= 5500.000 \times 250.000 = 1375000 \quad \text{mm}^2 \\
 A_v &= \sum A_s + A_c/N \\
 &= 171600 + 1375000 / 8 = 343475 \quad \text{mm}^2 \\
 I_c &= b \times T_c^3 / 12 \\
 &= 5500.000 \times 250.000^3 / 12 = 7161458333 \quad \text{mm}^4 \\
 d_v &= H / 2 - \delta s + T_h + T_c / 2 \\
 &= 2400.000 / 2 - 49.122 + 50.000 + 250.000 / 2 = 1424.12 \quad \text{mm} \\
 d_{vc} &= d_v \cdot \sum A_s / A_v \\
 &= 1424.122 \times 171600 / 343475 = 711.49 \quad \text{mm} \\
 d_{vs} &= d_v - d_{vc} = 1424.122 - 711.491 = 712.63 \quad \text{mm} \\
 I_{v33} &= I_{33} + I_c/N + \sum A_s \cdot d_{vs}^2 + A_c/N \cdot d_{vc}^2 \\
 &= 190632254230 + 7161458333 / 8 + 171600 \times 712.631^2 \\
 &\quad + 1375000 / 8 \times 711.491^2 = 365679844533 \quad \text{mm}^4 \\
 I_{v22} &= I_{22} + b^3 \times T_c / 12 / N \\
 &= 149915764800 + 5500.000^3 \\
 &\quad \times 250.000 / 12 / 8 = 583183993967 \quad \text{mm}^4
 \end{aligned}$$

- 비틀림 강성

* 합성단면의 K값 산정시 CON'C SLAB의 두께를 강재로 환산하여 적용한다.

$$\begin{aligned}
 t_{cu} &= t_u + T_c / N \\
 &= 16.000 + 250.000 / 8 = 47.25 \quad \text{mm} \\
 K &= (4 \times b k^2 \times H k^2) / (2 \times H k / t_w + b k / t_{cu} + b k / t_l) \\
 &= (4 \times 2512^2 \times 2418^2) / (2 \times 2418/12 + 2512/47.25 + 2512/20) \\
 &= 253667597349 \quad \text{mm}^4
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 H_k &= H + t_u / 2 + t_l / 2 \\
 &= 2400.000 + 16.000 / 2 + 16.000 / 2 = 2416.00 \quad \text{mm} \\
 K &= (4 \times b k^2 \times H k^2) / (2 \times H k / t_w + b k / t_u + b k / t_l) \\
 &= (4 \times 2512^2 \times 2416^2) / (2 \times 2416/12 + 2512/16 + 2512/16) \\
 &= 205577658955 \quad \text{mm}^4
 \end{aligned}$$

② 합성후 단면

$$\begin{aligned}
 A_c &= b \times T_c \\
 &= 5500.000 \times 250.000 = 1375000 \quad \text{mm}^2 \\
 A_v &= \sum A_s + A_c / N \\
 &= 160800 + 1375000 / 8 = 332675 \quad \text{mm}^2 \\
 I_c &= b \times T_c^3 / 12 \\
 &= 5500.000 \times 250.000^3 / 12 = 7161458333 \quad \text{mm}^4 \\
 d_v &= H / 2 - \delta s + T_h + T_c / 2 \\
 &= 2400.000 / 2 - 29.384 + 50.000 + 250.000 / 2 = 1345.62 \quad \text{mm} \\
 d_{vc} &= d_v \cdot \sum A_s / A_v \\
 &= 1345.616 \times 160800 / 332675 = 650.41 \quad \text{mm} \\
 d_{vs} &= d_v - d_{vc} = 1345.616 - 650.410 = 695.21 \quad \text{mm} \\
 I_{v33} &= I_{33} + I_c / N + \sum A_s \cdot d_{vs}^2 + A_c / N \cdot d_{vc}^2 \\
 &= 174885411849 + 7161458333 / 8 + 160800 \times 695.206^2 \\
 &\quad + 1375000 / 8 \times 650.410^2 = 326205816789 \quad \text{mm}^4 \\
 I_{v22} &= I_{22} + b^3 \times T_c / 12 / N \\
 &= 143354764800 + 5500.000^3 \\
 &\quad \times 250.000 / 12 / 8 = 576622983967 \quad \text{mm}^4
 \end{aligned}$$

- 비틀림 강성

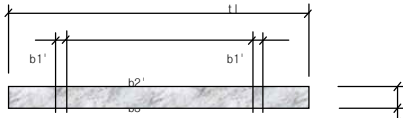
* 합성단면의 K값 산정시 CON'C SLAB의 두께를 강재로 환산하여 적용한다.

$$\begin{aligned}
 t_{cu} &= t_u + T_c / N \\
 &= 16.000 + 250.000 / 8 = 47.25 \quad \text{mm} \\
 K &= (4 \times b k^2 \times H k^2) / (2 \times H k / t_w + b k / t_{cu} + b k / t_l) \\
 &= (4 \times 2512^2 \times 2416^2) / (2 \times 2416/12 + 2512/47.25 + 2512/16) \\
 &= 240410048827 \quad \text{mm}^4
 \end{aligned}$$

- Section G2-8

b1	b	b1	b
	b2		
		Tc	b1
	tu	Th	b2
5 - 150 x 14			b3
	tw	H	b1'
			b2'
5 - 150 x 14			b3'
		Tc	
		Th	
		H	
		n	

b	=	5500.000	mm
b1	=	100.000	mm
b2	=	2500.000	mm
b3	=	2700.000	mm
b1'	=	100.000	mm
b2'	=	2500.000	mm
b3'	=	2700.000	mm
Tc	=	250.000	mm
Th	=	50.000	mm
H	=	2400.000	mm
n	=	8	



① 합성전 단면

구분	구분	크기	As(mm ²)	Y(mm)	As ³ (mm ³)	AsY ² (mm ⁴)	Io(mm ⁴)
UPPER FL.	-	2700.0 X 16.0	43200	1208.00	52185600	63040204800	921600
UPPER RIB	-	150.0 X 14.0	10500	1125.00	11812500	13289062500	19687500
WEB	-	2400.0 X 12.0	57600				27648000000
LOWER RIB	-	150.0 X 14.0	10500	-1125.00	-11812500	13289062500	19687500
LOWER FL.	-	2700.0 X 16.0	43200	-1208.00	-52185600	63040204800	921600
TOTAL			165000		0	152656534600	27689218200

$$I_s' = \frac{\sum AsY^2 + \sum Io}{152656534600 + 27689218200} = 180347752800 \text{ mm}^4$$

$$\delta s = \frac{\sum AsY}{\sum As} = \frac{0}{165000} = 0.00 \text{ mm}$$

$$I_{33} = I_s' - \sum As \times \delta s^2 = 180347752800 - 165000 \times 0.00^2 = 180347752800 \text{ mm}^4$$

$$I_{22} = (b3^3 \times tu / 12) + (b3'^3 \times t1 / 12) + ((H \times tw^3 / 12) + (H \times tw \times (b2 / 2 + tw / 2)^2)) \times 2$$

$$= (2700^3 \times 16 / 12) + (2700^3 \times 16 / 12) + ((2400 \times 12^3 / 12) + (2400 \times 12 \times (2500 / 2 + 12 / 2)^2)) \times 2 = 143354764800 \text{ mm}^4$$

- 비틀림 강성

$$bk = b2 + tw / 2 \times 2 = 2500.000 + 12.000 / 2 \times 2 = 2512.00 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 H_k &= H + t_u / 2 + t_l / 2 \\
 &= 2400.000 + 16.000 / 2 + 16.000 / 2 = 2416.00 \quad \text{mm} \\
 K &= (4 \times b k^2 \times H k^2) / (2 \times H k / t_w + b k / t_u + b k / t_l) \\
 &= (4 \times 2512^2 \times 2416^2) / (2 \times 2416/12 + 2512/16 + 2512/16) \\
 &= 205577658955 \quad \text{mm}^4
 \end{aligned}$$

② 합성후 단면

$$\begin{aligned}
 A_c &= b \times T_c \\
 &= 5500.000 \times 250.000 = 1375000 \quad \text{mm}^2 \\
 A_v &= \sum A_s + A_c / N \\
 &= 165000 + 1375000 / 8 = 336875 \quad \text{mm}^2 \\
 I_c &= b \times T_c^3 / 12 \\
 &= 5500.000 \times 250.000^3 / 12 = 7161458333 \quad \text{mm}^4 \\
 d_v &= H / 2 - \delta s + T_h + T_c / 2 \\
 &= 2400.000 / 2 - 0.000 + 50.000 + 250.000 / 2 = 1375.00 \quad \text{mm} \\
 d_{vc} &= d_v \cdot \sum A_s / A_v \\
 &= 1375.000 \times 165000 / 336875 = 673.47 \quad \text{mm} \\
 d_{vs} &= d_v - d_{vc} = 1375.000 - 673.469 = 701.53 \quad \text{mm} \\
 I_{v33} &= I_{33} + I_c / N + \sum A_s \cdot d_{vs}^2 + A_c / N \cdot d_{vc}^2 \\
 &= 180347752800 + 7161458333 / 8 + 165000 \times 701.531^2 \\
 &\quad + 1375000 / 8 \times 673.469^2 = 340402692745 \quad \text{mm}^4 \\
 I_{v22} &= I_{22} + b^3 \times T_c / 12 / N \\
 &= 143354764800 + 5500.000^3 \\
 &\quad \times 250.000 / 12 / 8 = 576622993967 \quad \text{mm}^4
 \end{aligned}$$

- 비틀림 강성

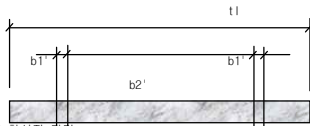
* 합성단면의 K값 산정시 CON'C SLAB의 두께를 강재로 환산하여 적용한다.

$$\begin{aligned}
 t_{cu} &= t_u + T_c / N \\
 &= 16.000 + 250.000 / 8 = 47.25 \quad \text{mm} \\
 K &= (4 \times b k^2 \times H k^2) / (2 \times H k / t_w + b k / t_{cu} + b k / t_l) \\
 &= (4 \times 2512^2 \times 2416^2) / (2 \times 2416/12 + 2512/47.25 + 2512/16) \\
 &= 240410048827 \quad \text{mm}^4
 \end{aligned}$$

- Section 02-9

b_1 b
 b_2 b_1
 t_u T_c
 t_w T_h
 $5 - 150 \times 14$ H
 $5 - 150 \times 14$ n

$b = 5500.000 \text{ mm}$
 $b_1 = 100.000 \text{ mm}$
 $b_2 = 2500.000 \text{ mm}$
 $b_3 = 2700.000 \text{ mm}$
 $b_1' = 100.000 \text{ mm}$
 $b_2' = 2500.000 \text{ mm}$
 $b_3' = 2700.000 \text{ mm}$
 $T_c = 250.000 \text{ mm}$
 $T_h = 50.000 \text{ mm}$
 $H = 2400.000 \text{ mm}$
 $n = 8$



① 합성전 단면

구분	구분	구분	구분	구분	구분	구분	구분
UPPER FL.	-	2700.0	X	14.0	37800	1207.00	45624600
UPPER RIB	-	150.0	X	14.0	14500	1125.00	11812500
WEB	-	2400.0	X	12.0	57600	-1125.00	-11812500
LOWER RIB	-	150.0	X	14.0	14500	-1208.00	-52185600
LOWER FL.	-	2700.0	X	16.0	43200	-1208.00	-52185600
TOTAL					159600	-6561000	144687222000

$$I_s' = \sum A_s Y^2 + \sum I_o$$

$$= 144687222000 + 27688914000 = 172376136000 \text{ mm}^4$$

$$\delta s = \frac{\sum A_s Y}{\sum A_s}$$

$$= \frac{-6561000}{159600} = -41.11 \text{ mm}$$

$$I_{33} = I_s' - \sum A_s \times \delta s^2$$

$$= 172376136000 - 159600 \times (-41.109)^2 = 172106419703 \text{ mm}^4$$

$$I_{22} = (b_3^3 \times t_u / 12) + (b_3' \times t_l / 12) + ((H \times t_w^3 / 12) + (H \times t_w \times (b_2 / 2 + t_w / 2)^2)) \times 2$$

$$= (2700^3 \times 14 / 12) + (2700^3 \times 16 / 12) + ((2400 \times 12^3 / 12) + (2400 \times 12 \times (2500 / 2 + 12 / 2)^2)) \times 2 = 140074264800 \text{ mm}^4$$

- 비틀림 강성

$$b_k = b_2 + t_w / 2 \times 2$$

$$= 2500.000 + 12.000 / 2 \times 2 = 2512.00 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 H_k &= H + t_u / 2 + t_l / 2 \\
 &= 2400.000 + 14.000 / 2 + 16.000 / 2 = 2415.00 \quad \text{mm} \\
 K &= (4 \times b k^2 \times H k^2) / (2 \times H k / t_w + b k / t_u + b k / t_l) \\
 &= (4 \times 2512^2 \times 2415^2) / (2 \times 2415/12 + 2512/14 + 2512/16) \\
 &= 199219145197 \quad \text{mm}^4
 \end{aligned}$$

② 합성후 단면

$$\begin{aligned}
 A_c &= b \times T_c \\
 &= 5500.000 \times 250.000 = 1375000 \quad \text{mm}^2 \\
 A_v &= \sum A_s + A_c/N \\
 &= 159600 + 1375000 / 8 = 331475 \quad \text{mm}^2 \\
 I_c &= b \times T_c^3 / 12 \\
 &= 5500.000 \times 250.000^3 / 12 = 7161458333 \quad \text{mm}^4 \\
 d_v &= H / 2 - \delta s + T_h + T_c / 2 \\
 &= 2400.000 / 2 - 41.109 + 50.000 + 250.000 / 2 = 1416.11 \quad \text{mm} \\
 d_{vc} &= d_v \cdot \sum A_s / A_v \\
 &= 1416.109 \times 159600 / 331475 = 681.83 \quad \text{mm} \\
 d_{vs} &= d_v - d_{vc} = 1416.109 - 681.834 = 734.27 \quad \text{mm} \\
 I_{v33} &= I_{33} + I_c/N + \sum A_s \cdot d_{vs}^2 + A_c/N \cdot d_{vc}^2 \\
 &= 172106419703 + 7161458333 / 8 + 159600 \times 734.275^2 \\
 &\quad + 1375000 / 8 \times 681.834^2 = 338955783082 \quad \text{mm}^4 \\
 I_{v22} &= I_{22} + b^3 \times T_c / 12 / N \\
 &= 140074264800 + 5500.000^3 \\
 &\quad \times 250.000 / 12 / 8 = 573342493967 \quad \text{mm}^4
 \end{aligned}$$

- 비틀림 강성

* 합성단면의 K값 산정시 CON'C SLAB의 두께를 강재로 환산하여 적용한다.

$$\begin{aligned}
 t_{cu} &= t_u + T_c / N \\
 &= 14.000 + 250.000 / 8 = 45.25 \quad \text{mm} \\
 K &= (4 \times b k^2 \times H k^2) / (2 \times H k / t_w + b k / t_{cu} + b k / t_l) \\
 &= (4 \times 2512^2 \times 2415^2) / (2 \times 2415/12 + 2512/45.25 + 2512/16) \\
 &= 239358393994 \quad \text{mm}^4
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 H_k &= H + t_u / 2 + t_l / 2 \\
 &= 2400.000 + 14.000 / 2 + 22.000 / 2 = 2418.00 \text{ mm} \\
 K &= (4 \times b k^2 \times H k^2) / (2 \times H k / t_w + b k / t_u + b k / t_l) \\
 &= (4 \times 2512^2 \times 2418^2) / (2 \times 2418/12 + 2512/14 + 2512/22) \\
 &= 211846799408 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

② 합성후 단면

$$\begin{aligned}
 A_c &= b \times T_c \\
 &= 5500.000 \times 250.000 = 1375000 \text{ mm}^2 \\
 A_v &= \sum A_s + A_c/N \\
 &= 175800 + 1375000 / 8 = 347675 \text{ mm}^2 \\
 I_c &= b \times T_c^3 / 12 \\
 &= 5500.000 \times 250.000^3 / 12 = 7161458333 \text{ mm}^4 \\
 d_v &= H / 2 - s + T_h + T_c / 2 \\
 &= 2400.000 / 2 - 149.652 + 50.000 + 250.000 / 2 = 1524.65 \text{ mm} \\
 d_{vc} &= d_v \cdot \sum A_s / A_v \\
 &= 1524.652 \times 175800 / 347675 = 770.93 \text{ mm} \\
 d_{vs} &= d_v - d_{vc} = 1524.652 - 770.932 = 753.72 \text{ mm} \\
 I_{v33} &= I_{33} + I_c/N + \sum A_s \cdot d_{vs}^2 + A_c/N \cdot d_{vc}^2 \\
 &= 192511591495 + 7161458333 / 8 + 175800 \times 753.720^2 \\
 &\quad + 1375000 / 8 \times 770.932^2 = 395429163561 \text{ mm}^4 \\
 I_{v22} &= I_{22} + b^3 \times T_c / 12 / N \\
 &= 149915764800 + 5500.000^3 \\
 &\quad \times 250.000 / 12 / 8 = 583183993967 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

- 비틀림 강성

* 합성단면의 K값 산정시 CON'C SLAB의 두께를 강재로 환산하여 적용한다.

$$\begin{aligned}
 t_{cu} &= t_u + T_c / N \\
 &= 14.000 + 250.000 / 8 = 45.25 \text{ mm} \\
 K &= (4 \times b k^2 \times H k^2) / (2 \times H k / t_w + b k / t_{cu} + b k / t_l) \\
 &= (4 \times 2512^2 \times 2418^2) / (2 \times 2418/12 + 2512/45.25 + 2512/22) \\
 &= 257684315465 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

- Section G2-11

b1 b
b2 b1

tu Th

5 - 150 x 14

tw

5 - 150 x 14

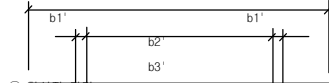
tl

Tc

Th

H

b = 5500.000 mm
b1 = 100.000 mm
b2 = 2500.000 mm
b3 = 2700.000 mm
b1' = 100.000 mm
b2' = 2500.000 mm
b3' = 2700.000 mm
Tc = 250.000 mm
Th = 50.000 mm
H = 2400.000 mm
n = 8



구분	구분	크기	As(mm²)	Y(mm)	AsY(mm³)	AsY²(mm⁴)	Io(mm⁴)
UPPER FL.	-	2700.0 X 24.0	64800	1212.00	78537600	95187571200	3110400
UPPER RIB	-	150.0 X 14.0	10500	1125.00	11812500	13289062500	19687500
W E B	-	2400.0 X 12.0	57600				27648000000
LOWER RIB	-	150.0 X 14.0	10500	-1125.00	-11812500	13289062500	19687500
LOWER FL.	-	2700.0 X 22.0	59400	-1211.00	-71933400	87111347400	2395800
TOTAL			202800		6604200	208677043600	27692881200

$$I_s' = \frac{\sum AsY^2}{\sum As} + \sum I_o$$

$$= \frac{208677043600}{202800} + 27692881200 = 236569924800 \text{ mm}^4$$

$$\delta s = \frac{\sum AsY}{\sum As} = \frac{6604200}{202800} = 32.57 \text{ mm}$$

$$I_{s3} = I_s' - \sum As \times \delta s^2$$

$$= 236569924800 - 202800 \times 32.565^2 = 236354858441 \text{ mm}^4$$

$$I_{22} = (b3^3 \times tu / 12) + (b3^3 \times tl / 12) + ((H \times tw^3 / 12) + (H \times tw \times (b2 / 2 + tw / 2)^2)) \times 2$$

$$= (2700^3 \times 24 / 12) + (2700^3 \times 22 / 12) + ((2400 \times 12^3 / 12) + (2400 \times 12 \times (2500 / 2 + 12 / 2)^2)) \times 2$$

$$= 166318264800 \text{ mm}^4$$

- 비틀림 강성

$$bk = b2 + tw / 2 \times 2$$

$$= 2500.000 + 12.000 / 2 \times 2 = 2512.00 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 H_k &= H + t_u / 2 + t_l / 2 \\
 &= 2400.000 + 24.000 / 2 + 22.000 / 2 = 2423.00 \quad \text{mm} \\
 K &= (4 \times b k^2 \times H k^2) / (2 \times H k / t_w + b k / t_u + b k / t_l) \\
 &= (4 \times 2512^2 \times 2423^2) / (2 \times 2423/12 + 2512/24 + 2512/22) \\
 &= 237979695710 \quad \text{mm}^4
 \end{aligned}$$

② 합성후 단면

$$\begin{aligned}
 A_c &= b \times T_c \\
 &= 5500.000 \times 250.000 = 1375000 \quad \text{mm}^2 \\
 A_v &= \sum A_s + A_c/N \\
 &= 202800 + 1375000 / 8 = 374675 \quad \text{mm}^2 \\
 I_c &= b \times T_c^3 / 12 \\
 &= 5500.000 \times 250.000^3 / 12 = 7161458333 \quad \text{mm}^4 \\
 d_v &= H / 2 - s + T_h + T_c / 2 \\
 &= 2400.000 / 2 - 32.565 + 50.000 + 250.000 / 2 = 1342.43 \quad \text{mm} \\
 d_{vc} &= d_v \cdot \sum A_s / A_v \\
 &= 1342.435 \times 202800 / 374675 = 726.62 \quad \text{mm} \\
 d_{vs} &= d_v - d_{vc} = 1342.435 - 726.619 = 615.82 \quad \text{mm} \\
 I_{v33} &= I_{33} + I_c/N + \sum A_s \cdot d_{vs}^2 + A_c/N \cdot d_{vc}^2 \\
 &= 236354858441 + 7161458333 / 8 + 202800 \times 615.816^2 \\
 &\quad + 1375000 / 8 \times 726.619^2 = 404903462446 \quad \text{mm}^4 \\
 I_{v22} &= I_{22} + b^3 \times T_c / 12 / N \\
 &= 166318264800 + 5500.000^3 \\
 &\quad \times 250.000 / 12 / 8 = 596586493967 \quad \text{mm}^4
 \end{aligned}$$

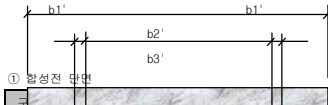
- 비틀림 강성

* 합성단면의 K값 산정시 CON'C SLAB의 두께를 강재로 환산하여 적용한다.

$$\begin{aligned}
 t_{cu} &= t_u + T_c / N \\
 &= 24.000 + 250.000 / 8 = 55.25 \quad \text{mm} \\
 K &= (4 \times b k^2 \times H k^2) / (2 \times H k / t_w + b k / t_{cu} + b k / t_l) \\
 &= (4 \times 2512^2 \times 2423^2) / (2 \times 2423/12 + 2512/55.25 + 2512/22) \\
 &= 262982377595 \quad \text{mm}^4
 \end{aligned}$$

- Section G2-12

	b																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--



				Y(mm)	As(mm ²)	AsY ² (mm ⁴)	Io(mm ⁴)	
UPPER FL.	2700.0	X	24.0	64800	-1212.00	7537600	95187571200	3110400
UPPER RIB	150.0	X	14.0	6300	1125.00	7037500	7973437500	11812500
W E B	2400.0	X	12.0	57600				27648000000
LOWER RIB	150.0	X	14.0	6300	-1125.00	-11312500	13289062500	19687500
LOWER FL.	2700.0	X	34.0	91800	-1217.00	-111720600	135963970200	8843400
TOTAL				231000		-37908000	252414041400	27691453800

$$\begin{aligned}
 I_s' &= \sum A s Y^2 + \sum I_o \\
 &= 252414041400 + 27691453800 = 280105495200 \text{ mm}^4 \\
 \delta s &= \sum A s Y / \sum A s \\
 &= -37908000 / 231000 = -164.10 \text{ mm} \\
 I_{33} &= I_s' - \sum A s \times \delta s^2 \\
 &= 280105495200 - 231000 \times (-164.10)^2 = 273884644706 \text{ mm}^4 \\
 I_{22} &= (b_3^3 \times t_u / 12) + (b_3^3 \times t_l / 12) + ((H \times t_w^3 / 12) + (H \times t_w \times (b_2 / 2 + t_w / 2)^2)) \times 2 \\
 &= (2700^3 \times 24 / 12) + (2700^3 \times 34 / 12) + ((2400 \times 12^3 / 12) + (2400 \times 12 \times (2500 / 2 + 12 / 2)^2)) \times 2 \\
 &= 186001264800 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

- 비틀림 강성

$$\begin{aligned}
 b_k &= b_2 + t_w / 2 \times 2 \\
 &= 2500.000 + 12.000 / 2 \times 2 = 2512.00 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 H_k &= H + t_u / 2 + t_l / 2 \\
 &= 2400.000 + 24.000 / 2 + 34.000 / 2 = 2429.00 \quad \text{mm} \\
 K &= (4 \times b k^2 \times H k^2) / (2 \times H k / t_w + b k / t_u + b k / t_l) \\
 &= (4 \times 2512^2 \times 2429^2) / (2 \times 2429/12 + 2512/24 + 2512/34) \\
 &= 255270719988 \quad \text{mm}^4
 \end{aligned}$$

② 합성후 단면

$$\begin{aligned}
 A_c &= b \times T_c \\
 &= 5500.000 \times 250.000 = 1375000 \quad \text{mm}^2 \\
 A_v &= \sum A_s + A_c/N \\
 &= 231000 + 1375000 / 8 = 402875 \quad \text{mm}^2 \\
 I_c &= b \times T_c^3 / 12 \\
 &= 5500.000 \times 250.000^3 / 12 = 7161458333 \quad \text{mm}^4 \\
 d_v &= H / 2 - \delta s + T_h + T_c / 2 \\
 &= 2400.000 / 2 - 164.104 + 50.000 + 250.000 / 2 = 1539.10 \quad \text{mm} \\
 d_{vc} &= d_v \cdot \sum A_s / A_v \\
 &= 1539.104 \times 231000 / 402875 = 882.49 \quad \text{mm} \\
 d_{vs} &= d_v - d_{vc} = 1539.104 - 882.490 = 656.61 \quad \text{mm} \\
 I_{v33} &= I_{33} + I_c/N + \sum A_s \cdot d_{vs}^2 + A_c/N \cdot d_{vc}^2 \\
 &= 273884644706 + 7161458333 / 8 + 231000 \times 656.614^2 \\
 &\quad + 1375000 / 8 \times 882.490^2 = 508227875417 \quad \text{mm}^4 \\
 I_{v22} &= I_{22} + b^3 \times T_c / 12 / N \\
 &= 186001264800 + 5500.000^3 \\
 &\quad \times 250.000 / 12 / 8 = 619269493967 \quad \text{mm}^4
 \end{aligned}$$

- 비틀림 강성

* 합성단면의 K값 산정시 CON'C SLAB의 두께를 강재로 환산하여 적용한다.

$$\begin{aligned}
 t_{cu} &= t_u + T_c / N \\
 &= 24.000 + 250.000 / 8 = 55.25 \quad \text{mm} \\
 K &= (4 \times b k^2 \times H k^2) / (2 \times H k / t_w + b k / t_{cu} + b k / t_l) \\
 &= (4 \times 2512^2 \times 2429^2) / (2 \times 2429/12 + 2512/55.25 + 2512/34) \\
 &= 284100759652 \quad \text{mm}^4
 \end{aligned}$$

- Section G2-12-1

b_1 b
 b_2
 b_1
 T_c b = 5500.000 mm
 T_h b_1 = 100.000 mm
 t_u b_2 = 2500.000 mm
 b_3 = 2700.000 mm
 b_1' = 100.000 mm
 $3 - 150 \times 14$ b_2' = 2500.000 mm
 t_w H b_3' = 2700.000 mm
 $5 - 150 \times 14$ T_c = 250.000 mm
 T_h = 50.000 mm
 H = 2400.000 mm
 n = 8
 t_l

① 앞성전 단면

				$Y(\text{mm})$	$As(\text{mm}^2)$	$AsY^2(\text{mm}^4)$	$Io(\text{mm}^4)$
UPPER FL.	-2700.0×24.0	64800		1212.00	78537600	95187571200	3110400
UPPER RIB	-120.0×14.0	1680		1125.00	7037500	7973437500	11812500
W E B	-2400.0×12.0	28800					27648000000
LOWER RIB	-150.0×14.0	2100		-1125.00	-11812500	13289062500	19687500
LOWER FL.	-2700.0×34.0	91800		-1217.00	-111720600	135963970200	8843400
TOTAL		231000			-37908000	252414041400	27691453800

$$\begin{aligned}
 I_s' &= \frac{\sum AsY^2}{\sum As} + \sum Io \\
 &= \frac{252414041400}{231000} + 27691453800 \\
 &= 280105495200 \text{ mm}^4 \\
 \bar{S} &= \frac{\sum AsY}{\sum As} \\
 &= \frac{-37908000}{231000} \\
 &= -164.10 \text{ mm} \\
 I_{33} &= I_s' - \bar{S}^2 \sum As \\
 &= 280105495200 - 231000 \times (-164.10)^2 \\
 &= 273884644706 \text{ mm}^4 \\
 I_{22} &= (b_3^3 \times t_u / 12) + (b_3^3 \times t_l / 12) + ((H \times t_w^3 / 12) + (H \times t_w \times (b_2 / 2 + t_w / 2)^2)) \times 2 \\
 &= (2700^3 \times 24 / 12) + (2700^3 \times 34 / 12) + ((2400 \times 12^3 / 12) \\
 &\quad + (2400 \times 12 \times (2500 / 2 + 12 / 2)^2)) \times 2 \\
 &= 186001264800 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

- 비틀림 강성

$$\begin{aligned}
 b_k &= b_2 + t_w / 2 \times 2 \\
 &= 2500.000 + 12.000 / 2 \times 2 \\
 &= 2512.00 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
H_k &= H + t_u / 2 + t_l / 2 \\
&= 2400.000 + 24.000 / 2 + 34.000 / 2 = 2429.00 \quad \text{mm} \\
K &= (4 \times b k^2 \times H k^2) / (2 \times H k / t_w + b k / t_u + b k / t_l) \\
&= (4 \times 2512^2 \times 2429^2) / (2 \times 2429/12 + 2512/24 + 2512/34) \\
&= 255270719988 \quad \text{mm}^4
\end{aligned}$$

② 합성후 단면

$$\begin{aligned}
A_c &= b \times T_c \\
&= 5500.000 \times 250.000 = 1375000 \quad \text{mm}^2 \\
A_v &= \sum A_s + A_c/N \\
&= 231000 + 1375000 / 8 = 402875 \quad \text{mm}^2 \\
I_c &= b \times T_c^3 / 12 \\
&= 5500.000 \times 250.000^3 / 12 = 7161458333 \quad \text{mm}^4 \\
d_v &= H / 2 - s + T_h + T_c / 2 \\
&= 2400.000 / 2 - 164.104 + 50.000 + 250.000 / 2 = 1539.10 \quad \text{mm} \\
d_{vc} &= d_v \cdot \sum A_s / A_v \\
&= 1539.104 \times 231000 / 402875 = 882.49 \quad \text{mm} \\
d_{vs} &= d_v - d_{vc} = 1539.104 - 882.490 = 656.61 \quad \text{mm} \\
I_{v33} &= I_{33} + I_c/N + \sum A_s \cdot d_{vs}^2 + A_c/N \cdot d_{vc}^2 \\
&= 273884644706 + 7161458333 / 8 + 231000 \times 656.614^2 \\
&\quad + 1375000 / 8 \times 882.490^2 = 508227875417 \quad \text{mm}^4 \\
I_{v22} &= I_{22} + b^3 \times T_c / 12 / N \\
&= 186001264800 + 5500.000^3 \\
&\quad \times 250.000 / 12 / 8 = 619269493967 \quad \text{mm}^4
\end{aligned}$$

- 비틀림 강성

* 합성단면의 K값 산정시 CON'C SLAB의 두께를 강재로 환산하여 적용한다.

$$\begin{aligned}
t_{cu} &= t_u + T_c / N \\
&= 24.000 + 250.000 / 8 = 55.25 \quad \text{mm} \\
K &= (4 \times b k^2 \times H k^2) / (2 \times H k / t_w + b k / t_{cu} + b k / t_l) \\
&= (4 \times 2512^2 \times 2429^2) / (2 \times 2429/12 + 2512/55.25 + 2512/34) \\
&= 284100759652 \quad \text{mm}^4
\end{aligned}$$

- Section 02-13

b1	b	b1	b
	b2		
		Tc	b1
	tu	Th	b2
3 - 150 x 14			b3
	tw	H	b1'
			b2'
5 - 150 x 14			b3'
		Tc	
		Th	
	tl	H	
		n	

=	5500.000	mm
=	100.000	mm
=	2500.000	mm
=	2700.000	mm
=	100.000	mm
=	2500.000	mm
=	2700.000	mm
=	250.000	mm
=	50.000	mm
=	2400.000	mm
=	8	

b1'		b2'		b1'		
		b3'				
①		상성전		단면		
구분	규격	As(mm ²)	Y(mm)	AsY(mm ³)	AsY ² (mm ⁴)	Io(mm ⁴)
UPPER RIB	150.0 X 14.0	6300	1212.00	76537600	95187571200	3110400
W E B	2400.0 X 14.0	63200	1125.00	7097500	7973437500	11812500
LOWER RIB	150.0 X 14.0	6300	-1125.00	-11812500	13289062500	32256000000
LOWER FL.	2700.0 X 34.0	91800	-1217.00	-111720600	135963970200	19687500
TOTAL		240600		-37908000	252414041400	32299453800

$$\begin{aligned}
 I_s' &= \sum AsY^2 + \sum Io \\
 &= 252414041400 + 32299453800 \\
 &= 284713495200 \text{ mm}^4 \\
 \delta s &= \frac{\sum AsY}{\sum As} \\
 &= \frac{-37908000}{240600} \\
 &= -157.56 \text{ mm} \\
 I_{33} &= I_s' - \sum As \times \delta s^2 \\
 &= 284713495200 - 240600 \times (-157.56)^2 \\
 &= 278740858193 \text{ mm}^4 \\
 I_{22} &= (b3^3 \times tu / 12) + (b3^3 \times tl / 12) + ((H \times tw^3 / 12) + (H \times tw \times (b2 / 2 + tw / 2)^2)) \times 2 \\
 &= (2700^3 \times 24 / 12) + (2700^3 \times 34 / 12) + ((2400 \times 14^3 / 12) \\
 &\quad + (2400 \times 14 \times (2500 / 2 + 14 / 2)^2)) \times 2 \\
 &= 201314890400 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

- 비틀림 강성

$$\begin{aligned}
 bk &= b2 + tw / 2 \times 2 \\
 &= 2500.000 + 14.000 / 2 \times 2 \\
 &= 2514.00 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 H_k &= H + t_u / 2 + t_l / 2 \\
 &= 2400.000 + 24.000 / 2 + 34.000 / 2 = 2429.00 \quad \text{mm} \\
 K &= (4 \times b k^2 \times H k^2) / (2 \times H k / t_w + b k / t_u + b k / t_l) \\
 &= (4 \times 2514^2 \times 2429^2) / (2 \times 2429/14 + 2514/24 + 2514/34) \\
 &= 283736286223 \quad \text{mm}^4
 \end{aligned}$$

② 합성후 단면

$$\begin{aligned}
 A_c &= b \times T_c \\
 &= 5500.000 \times 250.000 = 1375000 \quad \text{mm}^2 \\
 A_v &= \sum A_s + A_c/N \\
 &= 240600 + 1375000 / 8 = 412475 \quad \text{mm}^2 \\
 I_c &= b \times T_c^3 / 12 \\
 &= 5500.000 \times 250.000^3 / 12 = 7161458333 \quad \text{mm}^4 \\
 d_v &= H / 2 - s + T_h + T_c / 2 \\
 &= 2400.000 / 2 - 157.556 + 50.000 + 250.000 / 2 = 1532.56 \quad \text{mm} \\
 d_{vc} &= d_v \cdot \sum A_s / A_v \\
 &= 1532.556 \times 240600 / 412475 = 893.95 \quad \text{mm} \\
 d_{vs} &= d_v - d_{vc} = 1532.556 - 893.952 = 638.60 \quad \text{mm} \\
 I_{v33} &= I_{33} + I_c/N + \sum A_s \cdot d_{vs}^2 + A_c/N \cdot d_{vc}^2 \\
 &= 278740658193 + 7161458333 / 8 + 240600 \times 638.604^2 \\
 &\quad + 1375000 / 8 \times 893.952^2 = 515110316656 \quad \text{mm}^4 \\
 I_{v22} &= I_{22} + b^3 \times T_c / 12 / N \\
 &= 201314890400 + 5500.000^3 \\
 &\quad \times 250.000 / 12 / 8 = 634583119567 \quad \text{mm}^4
 \end{aligned}$$

- 비틀림 강성

* 합성단면의 K값 산정시 CON'C SLAB의 두께를 강재로 환산하여 적용한다.

$$\begin{aligned}
 t_{cu} &= t_u + T_c / N \\
 &= 24.000 + 250.000 / 8 = 55.25 \quad \text{mm} \\
 K &= (4 \times b k^2 \times H k^2) / (2 \times H k / t_w + b k / t_{cu} + b k / t_l) \\
 &= (4 \times 2514^2 \times 2429^2) / (2 \times 2429/14 + 2514/55.25 + 2514/34) \\
 &= 319776525230 \quad \text{mm}^4
 \end{aligned}$$

- Section G2-14

	b																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

① 합성면 구성

구분	규격	As(mm ²)	Y(mm)	AsY(mm ³)	AsY ² (mm ⁴)	Io(mm ⁴)
UPPER FL.	3 - 200.0 X 14.0	8400	1216.00	102162400	127755678400	7372800
UPPER RIB	3 - 150.0 X 14.0	2900	1125.00	767500	7973437500	11812500
WEB	1 - 240.0 X 14.0	67200				32256000000
LOWER RIB	3 - 150.0 X 14.0	10500	-1125.00	-11812500	13289062500	19687500
LOWER FL.	3 - 2700.0 X 34.0	91800	-1217.00	-111720600	135963970200	8843400
TOTAL		262200		-11383200	284982348600	32303716200

$$\begin{aligned}
 I_s' &= \sum AsY^2 + \sum Io \\
 &= 284982348600 + 32303716200 = 317286064800 \text{ mm}^4 \\
 \delta s &= \frac{\sum AsY}{\sum As} \\
 &= \frac{-11383200}{262200} = -43.41 \text{ mm} \\
 I_{33} &= I_s' - \sum As \times \delta s^2 \\
 &= 317286064800 - 262200 \times (-43.41)^2 = 316791872419 \text{ mm}^4 \\
 I_{22} &= \left(\frac{b_3^3 \times t_u}{12} + \frac{b_3^3 \times t_l}{12} \right) + \left(\frac{H \times t_w^3}{12} + \frac{H \times t_w \times (b_2/2 + t_w/2)^2}{2} \right) \times 2 \\
 &= \left(\frac{2700^3 \times 32}{12} + \frac{2700^3 \times 34}{12} \right) + \left(\frac{2400 \times 14^3}{12} + \frac{2400 \times 14 \times (2500/2 + 14/2)^2}{2} \right) \times 2 \\
 &= 214436890400 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

- 비틀림 강성

$$\begin{aligned}
 bk &= b_2 + t_w / 2 \times 2 \\
 &= 2500.000 + 14.000 / 2 \times 2 = 2514.00 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 H_k &= H + t_u / 2 + t_l / 2 \\
 &= 2400.000 + 32.000 / 2 + 34.000 / 2 = 2433.00 \quad \text{mm} \\
 K &= (4 \times b k^2 \times H k^2) / (2 \times H k / t_w + b k / t_u + b k / t_l) \\
 &= (4 \times 2514^2 \times 2433^2) / (2 \times 2433/14 + 2514/32 + 2514/34) \\
 &= 299253694676 \quad \text{mm}^4
 \end{aligned}$$

② 합성후 단면

$$\begin{aligned}
 A_c &= b \times T_c \\
 &= 5500.000 \times 250.000 = 1375000 \quad \text{mm}^2 \\
 A_v &= \sum A_s + A_c/N \\
 &= 262200 + 1375000 / 8 = 434075 \quad \text{mm}^2 \\
 I_c &= b \times T_c^3 / 12 \\
 &= 5500.000 \times 250.000^3 / 12 = 7161458333 \quad \text{mm}^4 \\
 d_v &= H / 2 - \delta s + T_h + T_c / 2 \\
 &= 2400.000 / 2 - 43.414 + 50.000 + 250.000 / 2 = 1418.41 \quad \text{mm} \\
 d_{vc} &= d_v \cdot \sum A_s / A_v \\
 &= 1418.414 \times 262200 / 434075 = 856.78 \quad \text{mm} \\
 d_{vs} &= d_v - d_{vc} = 1418.414 - 856.783 = 561.63 \quad \text{mm} \\
 I_{v33} &= I_{33} + I_c/N + \sum A_s \cdot d_{vs}^2 + A_c/N \cdot d_{vc}^2 \\
 &= 316791872419 + 7161458333 / 8 + 262200 \times 561.631^2 \\
 &\quad + 1375000 / 8 \times 856.783^2 = 526562196578 \quad \text{mm}^4 \\
 I_{v22} &= I_{22} + b^3 \times T_c / 12 / N \\
 &= 214436890400 + 5500.000^3 \\
 &\quad \times 250.000 / 12 / 8 = 647705119567 \quad \text{mm}^4
 \end{aligned}$$

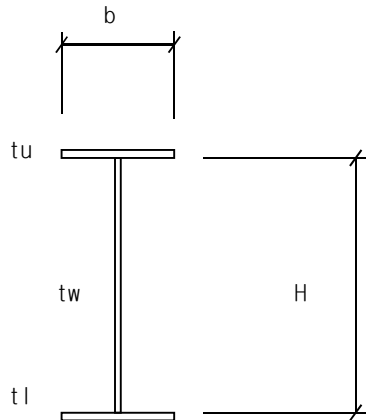
- 비틀림 강성

* 합성단면의 K값 산정시 CON'C SLAB의 두께를 강재로 환산하여 적용한다.

$$\begin{aligned}
 t_{cu} &= t_u + T_c / N \\
 &= 32.000 + 250.000 / 8 = 63.25 \quad \text{mm} \\
 K &= (4 \times b k^2 \times H k^2) / (2 \times H k / t_w + b k / t_{cu} + b k / t_l) \\
 &= (4 \times 2514^2 \times 2433^2) / (2 \times 2433/14 + 2514/63.25 + 2514/34) \\
 &= 324436195198 \quad \text{mm}^4
 \end{aligned}$$

2-2. 가로보 단면상수 산정

- 가로보 Section 1



$$b_u = 300.00 \text{ mm}$$

$$b_l = 300.00 \text{ mm}$$

$$H = 1500.00 \text{ mm}$$

$$t_u = 10.00 \text{ mm}$$

$$t_w = 10.00 \text{ mm}$$

$$t_l = 10.00 \text{ mm}$$

구 분	규격	As(mm ²)	Y(mm)	AsY(mm ³)	AsY ² (mm ⁴)	Io(mm ⁴)
UPPER FL.	300.00 X 10.00	3000.0	755.00	2265000	1710075000	25000
W E B	1500.00 X 10.00	15000.0				2812500000
LOWER FL.	300.00 X 10.00	3000.0	-755.00	-2265000	1710075000	25000
TOTAL		21000.0		0	3420150000	2812550000

$$I_{33} = \sum AsY^2 + \sum I_o$$

$$= 3420150000 + 2812550000 = 6232700000 \text{ mm}^4$$

$$I_{22} = (b_u^3 \times t_u / 12) + (b_l^3 \times t_l / 12) + (H \times t_w^3 / 12)$$

$$= (300^3 \times 10 / 12) + (300^3 \times 10 / 12) + (1500 \times 10^3 / 12)$$

$$= 45125000 \text{ mm}^4$$

모델링시의 가로보 강성보정은 $I' = I \times (L' / L)^3$ 에 의한다.

여기서, L, I : 실제 가로보의 길이 및 강성 L', I' : 모델링시 가로보의 길이 및 보정강성

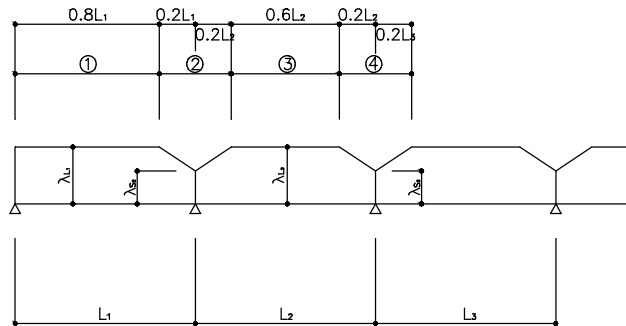
- 비틀림 강성

$$K = \sum (b \times t^3) / 3$$

$$= (300 \times 10^3 + 300 \times 10^3 + 1500 \times 10^3) / 3 = 700000 \text{ mm}^4$$

3. 플랜지 및 슬래브 유효폭

3-1. 플랜지 유효폭 (도.설 3.8.3.4)



상부 : 복부간격 $2b = 2.500$ m, 플랜지돌출폭 $be = 0.100$ m

하부 : 복부간격 $2b = 2.500$ m, 플랜지돌출폭 $be = 0.100$ m

$L1 = 50.000$ m

$L2 = 50.000$ m

1. 제 1 경간 정모멘트부

$$l = 0.8 \times L1 = 0.8 \times 50 = 40.000 \text{ m}$$

· 상 부

$$b/l = 1.25 / 40 = 0.031$$

여기서, $b/l \leq 0.05$ 이므로

$$\lambda_{L1} = b = 1.25 \text{ m}$$

$$\therefore \text{플랜지 유효폭 } B = 2 \times (\lambda_{L1} + be) = 2.700 \text{ m}$$

· 하 부

$$b/l = 1.25 / 40 = 0.031$$

여기서, $b/l \leq 0.05$ 이므로

$$\lambda_{L1} = b = 1.25 \text{ m}$$

$$\therefore \text{플랜지 유효폭 } B = 2 \times (\lambda_{L1} + be) = 2.700 \text{ m}$$

2. 제 1 경간 부모멘트부

$$l = 0.2 \times (L1 + L2) = 0.2 \times (50 + 50) = 20.000 \text{ m}$$

· 상 부

$$b/l = 1.25 / 20 = 0.063$$

여기서, $0.02 < b/l < 0.30$ 이므로

$$\lambda_{s1} = \{1.06 - 3.2(b/l) + 4.5(b/l)^2\} \cdot b = 1.097 \text{ m}$$

$$\therefore \text{플랜지 유효폭 } B = 2 \times (\lambda_{s1} + be) = 2.394 \text{ m}$$

· 하 부

$$b/l = 1.25 / 20 = 0.063$$

여기서, $0.02 < b/l < 0.30$ 이므로

$$\lambda_{s1} = \{1.06 - 3.2(b/l) + 4.5(b/l)^2\} \cdot b = 1.097 \text{ m}$$

$$\therefore \text{플랜지 유효폭 } B = 2 \times (\lambda_{s1} + be) = 2.394 \text{ m}$$

3. 제 2 경간 정모멘트부

$$l = 0.6 \times L2 = 0.6 \times 50 = 30.000 \text{ m}$$

· 상 부

$$b/l = 1.25 / 30 = 0.042$$

여기서, $b/l \leq 0.05$ 이므로

$$\lambda_{L2} = b = 1.25 \text{ m}$$

$$\therefore \text{플랜지 유효폭 } B = 2 \times (\lambda_{L2} + b_e) = 2.700 \text{ m}$$

· 하 부

$$b/l = 1.25 / 30 = 0.042$$

여기서, $b/l \leq 0.05$ 이므로

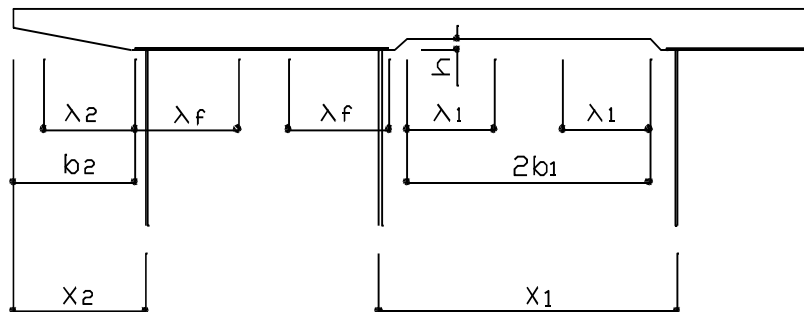
$$\lambda_{L2} = b = 1.25 \text{ m}$$

$$\therefore \text{플랜지 유효폭 } B = 2 \times (\lambda_{L2} + b_e) = 2.700 \text{ m}$$

3-2. 슬래브 유효폭 (도.설 3.8.3.4)

플랜지 상단 부분에서의 바닥판에 대한 전단 지연도 상판내의 전단지연과 같은 정도가 되는 것으로 간주 한다

1) GIRDER - 1



$X_1 = 3.000$: 인접한 GIRDER의 복부사이의 간격

$X_2 = 1.125$: 외측 GIRDER 복부에서 캔틸레버 끝단까지의 거리

$h = 0.050$: 현치 높이

$b_e = 0.100$: 플랜지의 돌출폭

$$2b_1 = X_1 - 2(b_e + h) = 3 - 2 \times (0.1 + 0.05) = 2.700 \text{ m}$$

$$b_2 = X_2 - b_e = 1.125 - 0.1 = 1.025 \text{ m}$$

1. 제 1 경간 정모멘트부

$$l = 0.8 \times L1 = 0.8 \times 50 = 40.000 \text{ m}$$

$$b/l = 1.35 / 40 = 0.034$$

여기서, $b/l \leq 0.05$ 이므로

$$\lambda_1 = b = 1.35 \text{ m}$$

$$b_2 / l = 1.025 / 40 = 0.026$$

여기서, $b/l \leq 0.05$ 이므로

$$\lambda_2 = b = 1.025 \text{ m}$$

슬래브 유효폭

$$B = \text{플랜지 유효폭} + \lambda_1 + \lambda_2 + h = 5.125 \text{ m}$$

2. 제 1 경간 부모멘트부

$$l = 0.2 \times (L_1 + L_2) = 0.2 \times (50 + 50) = 20.000 \text{ m}$$

$$b_1 / l = 1.35 / 20 = 0.068$$

여기서, $0.02 < b/l < 0.30$ 이므로

$$\lambda_1 = \{1.06 - 3.2(b/l) + 4.5(b/l)^2\} \cdot b = 1.167 \text{ m}$$

$$b_2 / l = 1.025 / 20 = 0.051$$

여기서, $0.02 < b/l < 0.30$ 이므로

$$\lambda_2 = \{1.06 - 3.2(b/l) + 4.5(b/l)^2\} \cdot b = 0.931 \text{ m}$$

슬래브 유효폭

$$B = \text{플랜지 유효폭} + \lambda_1 + \lambda_2 + h = 4.542 \text{ m}$$

3. 제 2 경간 정모멘트부

$$l = 0.6 \times L_2 = 0.6 \times 50 = 30.000 \text{ m}$$

$$b_1 / l = 1.35 / 30 = 0.045$$

여기서, $b/l \leq 0.05$ 이므로

$$\lambda_1 = b = 1.35 \text{ m}$$

$$b_2 / l = 1.025 / 30 = 0.034$$

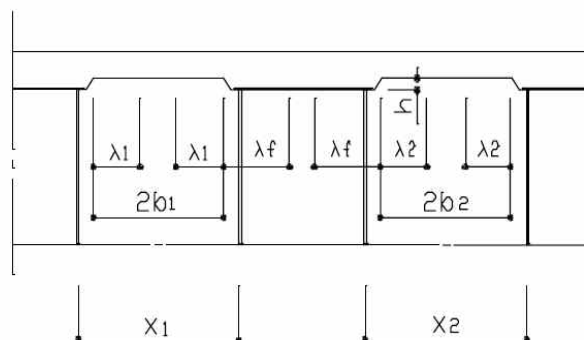
여기서, $b/l \leq 0.05$ 이므로

$$\lambda_2 = b = 1.025 \text{ m}$$

슬래브 유효폭

$$B = \text{플랜지 유효폭} + \lambda_1 + \lambda_2 + h = 5.125 \text{ m}$$

2) GIRDER - 2



$X_1 = 3.000$: GIRDER 1, 2 의 복부사이의 간격

$X_2 = 3.000$: GIRDER 2, 3 의 복부사이의 거리

$h = 0.050$: 현치 높이

$b_e = 0.100$: 플랜지의 돌출폭

1. 제 1 경간 정모멘트부

$$l = 0.8 \times L1 = 0.8 \times 50 = 40.000 \text{ m}$$

$$b1 / l = 1.35 / 40 = 0.034$$

여기서, $b/l \leq 0.05$ 이므로

$$\lambda 1 = b = 1.35 \text{ m}$$

$$b2 / l = 1.35 / 40 = 0.034$$

여기서, $b/l \leq 0.05$ 이므로

$$\lambda 2 = b = 1.35 \text{ m}$$

슬래브 유효폭

$$B = \text{플랜지 유효폭} + \lambda 1 + \lambda 2 + h = 5.450 \text{ m}$$

2. 제 1 경간 부모멘트부

$$l = 0.2 \times (L1 + L2) = 0.2 \times (50 + 50) = 20.000 \text{ m}$$

$$b1 / l = 1.35 / 20 = 0.068$$

여기서, $0.02 < b/l < 0.30$ 이므로

$$\lambda 1 = \{1.06 - 3.2(b/l) + 4.5(b/l)^2\} \cdot b = 1.167 \text{ m}$$

$$b2 / l = 2.7 / 20 = 0.135$$

여기서, $0.02 < b/l < 0.30$ 이므로

$$\lambda 2 = \{1.06 - 3.2(b/l) + 4.5(b/l)^2\} \cdot b = 1.917 \text{ m}$$

슬래브 유효폭

$$B = \text{플랜지 유효폭} + \lambda 1 + \lambda 2 + h = 5.528 \text{ m}$$

3. 제 2 경간 정모멘트부

$$l = 0.6 \times L2 = 0.6 \times 50 = 30.000 \text{ m}$$

$$b1 / l = 1.35 / 30 = 0.045$$

여기서, $b/l \leq 0.05$ 이므로

$$\lambda 1 = b = 1.35 \text{ m}$$

$$b2 / l = 1.35 / 30 = 0.045$$

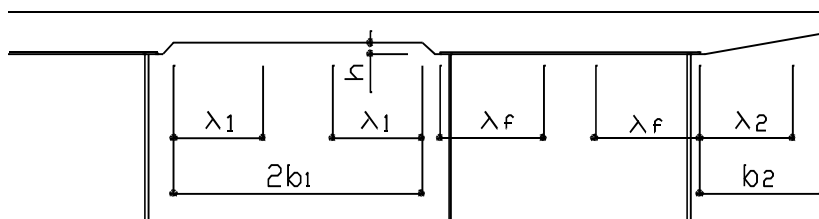
여기서, $b/l \leq 0.05$ 이므로

$$\lambda 2 = b = 1.35 \text{ m}$$

슬래브 유효폭

$$B = \text{플랜지 유효폭} + \lambda 1 + \lambda 2 + h = 5.450 \text{ m}$$

3) GIRDER - 3



$$\begin{aligned}
 X1 &= 3.000 && : \text{인접한 GIRDER의 복부사이의 간격} \\
 X2 &= 1.125 && : \text{외측 GIRDER 복부에서 캔틸레버 끝단까지의 거리} \\
 h &= 0.050 && : \text{헌치 높이} \\
 be &= 0.100 && : \text{플랜지의 돌출폭} \\
 2b1 &= X1 - 2(be + h) = 3 - 2 \times (0.1 + 0.05) && = 2.700 \text{ m} \\
 b2 &= X2 - be = 1.125 - 0.1 && = 1.025 \text{ m}
 \end{aligned}$$

1. 제 1 경간 정모멘트부

$$\begin{aligned}
 I &= 0.8 \times L1 = 0.8 \times 50 = 40.000 \text{ m} \\
 b1 / I &= 1.35 / 40 = 0.034 \\
 \text{여기서, } b/I &\leq 0.05 \text{ 이므로} \\
 \lambda 1 &= b = 1.35 \text{ m} \\
 b2 / I &= 1.025 / 40 = 0.026 \\
 \text{여기서, } b/I &\leq 0.05 \text{ 이므로} \\
 \lambda 2 &= b = 1.025 \text{ m} \\
 \text{슬래브 유효폭} \\
 B &= \text{플랜지 유효폭} + \lambda 1 + \lambda 2 + h = 5.125 \text{ m}
 \end{aligned}$$

2. 제 1, 2 경간 부모멘트부

$$\begin{aligned}
 I &= 0.2 \times (L1 + L2) = 0.2 \times (50 + 50) = 20.000 \text{ m} \\
 b1 / I &= 1.35 / 20 = 0.068 \\
 \text{여기서, } 0.02 < b/I < 0.30 &\text{ 이므로} \\
 \lambda 1 &= \{1.06 - 3.2(b/I) + 4.5(b/I)^2\} \cdot b = 1.167 \text{ m} \\
 b2 / I &= 1.025 / 20 = 0.051 \\
 \text{여기서, } 0.02 < b/I < 0.30 &\text{ 이므로} \\
 \lambda 2 &= \{1.06 - 3.2(b/I) + 4.5(b/I)^2\} \cdot b = 0.931 \text{ m} \\
 \text{슬래브 유효폭} \\
 B &= \text{플랜지 유효폭} + \lambda 1 + \lambda 2 + h = 4.542 \text{ m}
 \end{aligned}$$

3. 제 2 경간 정모멘트부

$$\begin{aligned}
 I &= 0.6 \times L2 = 0.6 \times 50 = 30.000 \text{ m} \\
 b1 / I &= 1.35 / 30 = 0.045 \\
 \text{여기서, } b/I &\leq 0.05 \text{ 이므로} \\
 \lambda 1 &= b = 1.35 \text{ m} \\
 b2 / I &= 1.025 / 30 = 0.034 \\
 \text{여기서, } b/I &\leq 0.05 \text{ 이므로} \\
 \lambda 2 &= b = 1.025 \text{ m} \\
 \text{슬래브 유효폭} \\
 B &= \text{플랜지 유효폭} + \lambda 1 + \lambda 2 + h = 5.125 \text{ m}
 \end{aligned}$$

4. 부재력 요약

[1경간 정모멘트부]

[BENDING MOMENT]

거더 번호	합성전 고정하중	합성후 고정하중	활하중	지점침하	비 고
G1	8,354.737	1,907.510	5,072.945	362.161	0.539
G2	8,534.889	2,061.440	4,788.810	368.120	0.548
G3	8,354.737	2,184.434	4,480.452	362.161	0.539

[SHEAR FORCE]

거더 번호	합성전 고정하중	합성후 고정하중	활하중	지점침하	비 고
G1	177.253	40.919	314.970	18.497	
G2	183.805	40.443	497.572	18.800	
G3	177.253	48.194	302.963	18.497	

[TORSION MOMENT]

거더 번호	합성전 고정하중	합성후 고정하중	활하중	지점침하	비 고
G1	5.722	7.973	-344.863	0.020	
G2	0.000	23.622	844.348	0.000	
G3	-5.722	16.228	323.815	0.020	

[2경간 정모멘트부]

[BENDING MOMENT]

거더 번호	합성전 고정하중	합성후 고정하중	활하중	지점침하	비 고
G1	8,354.737	1,907.510	5,072.945	362.161	0.539
G2	8,534.889	2,061.440	4,788.809	368.120	0.548
G3	8,354.737	2,184.434	4,480.452	362.161	0.539

[SHEAR FORCE]

거더 번호	합성전 고정하중	합성후 고정하중	활하중	지점침하	비 고
G1	177.253	40.919	314.970	18.497	
G2	183.805	40.443	497.572	18.800	
G3	177.253	48.194	302.963	18.497	

[TORSION MOMENT]

거더 번호	합성전 고정하중	합성후 고정하중	활하중	지점침하	비 고
G1	-5.722	-7.973	344.863	0.020	
G2	0.000	-23.622	913.238	0.000	
G3	5.722	-16.228	301.119	0.020	

[1경간 부모멘트부]

[BENDING MOMENT]

거더 번호	합성전 고정하중	합성후 고정하중	활하중	지점침하	비 고
G1	-17,450.848	-3,944.494	-6,925.064	864.586	-0.554
G2	-18,066.673	-4,244.768	-6,183.854	880.723	-0.564
G3	-17,450.848	-4,693.571	-5,578.784	864.586	-0.554

[SHEAR FORCE]

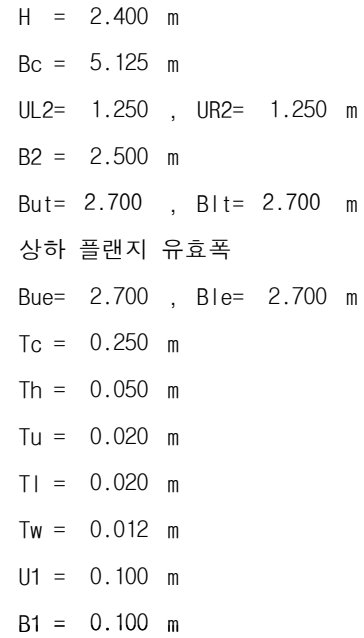
거더 번호	합성전 고정하중	합성후 고정하중	활하중	지점침하	비 고
G1	-1,649.780	-366.193	-832.616	18.456	
G2	-1,729.490	-385.969	-955.042	18.881	
G3	-1,649.780	-452.020	-689.432	18.456	

[TORSION MOMENT]

거더 번호	합성전 고정하중	합성후 고정하중	활하중	지점침하	비 고
G1	-11.370	-9.561	-747.682	0.015	
G2	0.000	-32.712	-1,398.822	0.000	
G3	-11.370	-25.561	-702.592	0.015	

5-1. 1경간 최대 정모멘트 단면검토(G1)

주부재사용강종 = SM490



구 분	단 위	입력 DATA
E_s : 강 의 탄성계수	MPa	210000
E_c : 콘크리트의 탄성계수	MPa	26702
ε_s : 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 최종수축율		0.00018
α : 강재 및 콘크리트의 선팅창계수		0.000012
ϕ_2 : 건조수축에 의한 크리이프계수		4
n : 강과 콘크리트의 탄성계수비		8
t : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10
M_s : 합성전 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	8354.737
M_{sc} : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	1907.510
M_v : 활하중+지점침하에 의한 모멘트	kN · m	5435.106
S_s : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	177.253
S_{sc} : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	40.919
S_v : 활하중+지점침하에 의한 전단력	kN	333.467
M_{st} : 합성전 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	5.722
M_{sct} : 합성후 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	7.973
M_{vt} : 활하중+지점침하에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-344.843

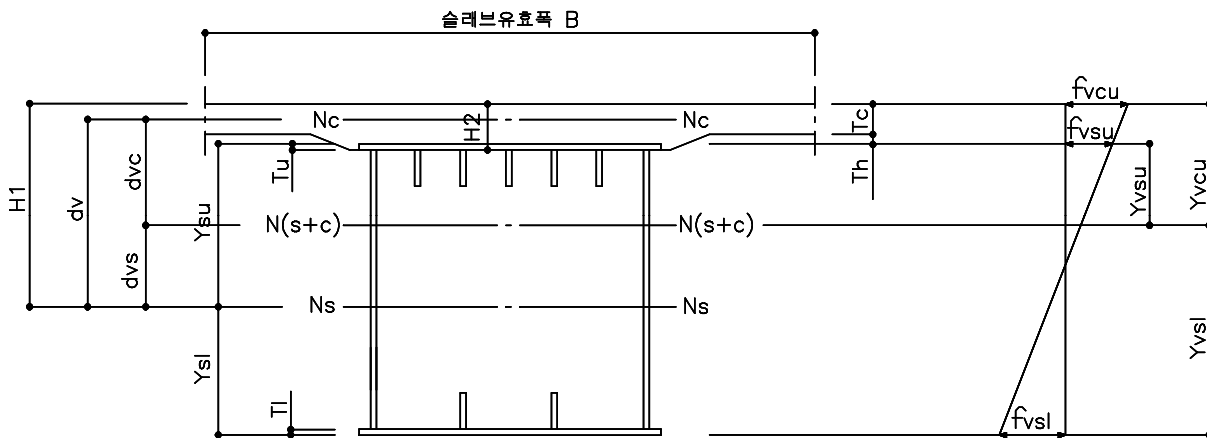
< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 콘크리트바닥판자중
합성후 고정하중 : 방호벽 + PAVEMENT자중

단 면 제 원

단 면	B(mm)	H(mm)	A(mm ²)	Y(mm)	A*Y(mm ³)	A*Y2(mm ⁴)	Ix(mm ⁴)
1 - UPPER FLANGE	2700.0	20.0	54000	1210.0	65340000	79061400000	1800000
5 - UPPER RIB	14.0	150.0	10500	1125.0	11812500	13289062500	19687500
1 - L_WEB	12.0	2400.0	28800	0.0	0	0	13824000000
1 - R_WEB	12.0	2400.0	28800	0.0	0	0	13824000000
3 - LOWER RIB	14.0	150.0	6300	-1125.0	-7087500	7973437500	11812500
1 - LOWER FLANGE	2700.0	20.0	54000	-1210.0	-65340000	79061400000	1800000
강단면 합계			182400		4725000	1.79385E+11	27683100000
1 - RC SLAB	5125.0	250.0	1281250	1375.0	1761718750	2422363281250	6673177083

* As = 182400 mm² , Ac = 1281250 mm²

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

$$I_s' = A_s \cdot Y^2 + \sum I_s = \text{#####} + 27683100000.0 = 207068400000 \text{ mm}^4$$

$$\delta s = \sum (A \cdot Y) / A_s = 4725000 / 182400 = 25.905 \text{ mm}$$

$$I_s = I_s' - A_s \cdot \delta s^2 = \text{#####} - 182400 \times 25.905^2 = 206946000740 \text{ mm}^4$$

$$Y_{su} = H/2 + T_u - \delta s = 2400.0 / 2 + 20.0 - 25.905 = 1194.095 \text{ mm}$$

$$Y_{sl} = Y_{su} - (H + T_u + T_l) = 1194.095 - 2440.000 = -1245.905 \text{ mm}$$

$$F = b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + T_u/2 + T_l/2) = 6079040.0 \text{ mm}^2$$

$$f_{su} = M_s \cdot Y_{su} / I_s = 48.208 \text{ MPa}$$

$$f_{sl} = M_s \cdot Y_{sl} / I_s = -50.299 \text{ MPa}$$

$$u = S_s / A(\text{Web}) + M_{st} / (2 \cdot F \cdot Tw) = 3.117 \text{ MPa}$$

(2) 합 성 후

$$A_v = A_s + A_c/n = 342556.3 \text{ mm}^2$$

$$I_c/n = 834147135 \text{ mm}^4$$

$$I_{cn} = 104000000000 \text{ mm}^4$$

$$718.3$$

$$\begin{aligned}
dvs &= dv - dvc = 630.7 \text{ mm} \\
Yvcu &= dvc + Tc/2 = 843.3 \text{ mm} \\
Yvcl &= Yvcu - Tc = 593.3 \text{ mm} \\
Yvsu &= Yvcu - H2 + Tu = 563.3 \text{ mm} \\
Yvsl &= Yvsu - (H + Tu + Tl) = -1876.7 \text{ mm} \\
Iv &= Is + Ic/n + As \cdot dvs^2 + Ac/n \cdot dvc^2 = 362991023595 \text{ mm}^4 \\
Fv &= b \cdot hv = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + (Tu + Tc/n)/2 + Tl/2) = 6118290.0 \text{ mm}^2 \\
fvcu &= Msc \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) = 0.554 \text{ MPa} \\
fvcl &= Msc \cdot Yvcl / (n \cdot Iv) = 0.390 \text{ MPa} \\
fvsu &= Msc \cdot Yvsu / Iv = 2.960 \text{ MPa} \\
fvsl &= Msc \cdot Yvsl / Iv = -9.862 \text{ MPa} \\
u &= Ssc / A(Web) + Msct / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 0.765 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(3) 활 하 중

$$\begin{aligned}
fvcu &= Mv \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) = 1.578 \text{ MPa} \\
fvcl &= Mv \cdot Yvcl / (n \cdot Iv) = 1.111 \text{ MPa} \\
fvsu &= Mv \cdot Yvsu / Iv = 8.435 \text{ MPa} \\
fvsl &= Mv \cdot Yvsl / Iv = -28.099 \text{ MPa} \\
u &= Sv / A(Web) + Mvt / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 8.138 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(4) 크 리 이 프

$$\begin{aligned}
n1 &= n \cdot (1 + \phi 1 / 2) = 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16 \\
Av1 &= As + Ac/n1 = 262478.1 \text{ mm}^2 & \# \text{ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려} \\
dc1 &= dv \cdot As / (Ac/n1 + As) = 937.5 \text{ mm} & K = 0.539 \\
ds1 &= dv - dc1 = 411.6 \text{ mm} \\
Yv1cu &= dc1 + Tc/2 = 1062.5 \text{ mm} \\
Yv1cl &= Yv1cu - Tc = 812.5 \text{ mm} \\
Yv1su &= Yv1cu - H2 + Tu = 782.5 \text{ mm} \\
Yv1sl &= Yv1su - (H + Tu + Tl) = -1657.5 \text{ mm} \\
Iv1 &= Is + Ic/n1 + As \cdot ds1^2 + Ac/n1 \cdot dc1^2 = 308644763107 \text{ mm}^4 \\
Nc &= Msc \cdot dvc \cdot Ac / (n \cdot Iv) = 604575 \text{ N} \\
P\phi &= Nc \cdot 2 \cdot \phi 1 / (2 + \phi 1) = 604575 \text{ N} \\
M\phi &= P\phi \cdot dc1 = 566793428 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
Ec1 &= Ec / (1 + \phi 1 / 2) = 13351 \text{ MPa} \\
fcu &= Msc \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) = 0.554 \text{ MPa} \\
fcl &= Msc \cdot Yvcl / (n \cdot Iv) = 0.390 \text{ MPa} \\
fvcu1 &= 1/n1 \cdot (P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1cu / Iv1) - Ec1 \cdot fcu \cdot \phi 1 / Ec = -0.344 \text{ MPa} \\
fvcl1 &= 1/n1 \cdot (P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1cl / Iv1) - Ec1 \cdot fcl \cdot \phi 1 / Ec = -0.196 \text{ MPa} \\
fvsu1 &= P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1su / Iv1 = 3.078 \text{ MPa} \\
fvsl1 &= P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1sl / Iv1 = 2.822 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(5) 건 조 수 축

$$n2 = n \cdot (1 + \phi^2 / 2) = 8 \times (1 + 4.0 / 2) = 24$$

$$Av2 = As + Ac/n2 = 235785.417 \text{ mm}^2$$

$$dc2 = dv \cdot As / (Ac/n2 + As) = 1043.6 \text{ mm}$$

$$ds2 = dv - dc2 = 305.5 \text{ mm}$$

$$Yv2cu = dc2 + Tc/2 = 1168.6 \text{ mm}$$

$$Yv2cl = Yv2cu - Tc = 918.6 \text{ mm}$$

$$Yv2su = Yv2cu - H2 + Tu = 888.6 \text{ mm}$$

$$Yv2sl = Yv2su - (H + Tu + Tl) = -1551.4 \text{ mm}$$

$$Iv2 = Is + Ic/n2 + As \cdot ds2^2 + Ac/n2 \cdot dc2^2 = 282389082320.9 \text{ mm}^4$$

$$P2 = Es \cdot \epsilon_s \cdot Ac/n2 = 2017969 \text{ N}$$

$$Mv2 = P2 \cdot dc2 = 2106032117 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$Ec2 = Es \cdot /n2 = 8750 \text{ MPa}$$

$$fvcu2 = 1/n2 \cdot (P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2cu/Iv2) - Ec2 \cdot \epsilon_s = -1.023 \text{ MPa}$$

$$fvcl2 = 1/n2 \cdot (P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2cl/Iv2) - Ec2 \cdot \epsilon_s = -1.065 \text{ MPa}$$

$$fvsu2 = P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2su/Iv2 = 12.131 \text{ MPa}$$

$$fvsl2 = P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2sl/Iv2 = 2.322 \text{ MPa}$$

(6) 온 도 차

$$\epsilon_t = \alpha \cdot t = 0.000012 \times 10 = 0.00012$$

$$P1 = Es \cdot \epsilon_t \cdot Ac/n = 4035938 \text{ N}$$

$$Mvt = P1 \cdot dvc = 2899212378 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$fcut1 = 1/n \cdot (P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvcu/Iv) - Ec \cdot \epsilon_t = -1.278 \text{ MPa}$$

$$fclt1 = 1/n \cdot (P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvcl/Iv) - Ec \cdot \epsilon_t = -1.412 \text{ MPa}$$

$$fsut1 = P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvsu/Iv = 14.207 \text{ MPa}$$

$$fslt1 = P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvsl/Iv = 3.703 \text{ MPa}$$

(7) 전 단 및 비틀림

$$u = (Ss + Ssc + Sv)/Aw + Mst/(2 F Tw) + (Msc + Mvt)/(2 FvTw) = 11.832 \text{ MPa} < u_a = 110 \text{ MPa} \quad \text{O.K.}$$

(8) 조합응력의 검토 (도.설 3.4.2.1)

$$i = 0.65(\phi/n)^2 + 0.13(\phi/n) + 1.0$$

$$= 0.650 \times (0.0 / 6)^2 + 0.130 \times (0.0 / 6) + 1.0 = 1.000$$

$$\therefore \phi = (f_1 - f_2)/f_1 \approx 0$$

여기서, n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

i : 응력구배계수 ϕ : 응력구배

f_1, f_2 : 보강된 판의 양면의 응력

(단, $f_1 \geq f_2$ 이며 압축응력을 정(+)으로 한다.)

* 인장 (하부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

$$f_{ta} = 190.0 \text{ MPa}$$

* 압축 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

$$t_u \geq \frac{b}{24 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{24 \times 1.000 \times 6} = 17.4 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 190.0 \text{ MPa}$$

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > t_u \geq \frac{b}{49 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{49 \times 1.000 \times 6} = 8.5 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 190 - 3.9 \left(\frac{b}{(t_u \cdot i \cdot n) - 24} \right) = 202.4$$

$$\frac{b}{49 \cdot i \cdot n} > t_u \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{80 \times 1.000 \times 6} = 5.2 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 220000 \times \left\{ (t_u \cdot i \cdot n) / b \right\} = 506.880 \text{ MPa}$$

$$\text{사용 } t_u = 20.0 \text{ mm}$$

$$\text{따라서, } f_{ca} = 190.000 \text{ MPa}$$

* 철근콘크리트의 허용응력 (도.설 3.9.3)

$$f_{ca} = 0.4 \quad f_{ck} = 10.800 \text{ MPa}$$

$$(f_{ck} = 27 \text{ MPa 사용})$$

$$f_{ta} = 0.07 \quad f_{ck} = 1.890 \text{ MPa}$$

하중조합	CONCRETE				STEEL			
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)		작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1			10.800	10.800	48.208	-50.299	190.000	190.000
1+2+3	2.132	1.500	10.800	10.800	59.603	-88.260	190.000	190.000
1+2+3+4	1.788	1.305	10.800	10.800	62.681	-87.597	218.500	190.000
1+2+3+4+5	0.765	0.240	10.800	10.800	74.812	-85.275	218.500	190.000
1+2+3+4+5+6	-0.512	-1.172	2.174	2.174	89.019	-81.572	247.000	218.500
1+2+3+4+5-6	2.043	1.652	12.420	12.420	60.604	-88.978	247.000	218.500

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

허용응력의 활증 (도.설 3.9.3.1 참조)

(9) 합성응력의 검토 (도.설 3.8.2.4)

(상 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{89.019}{247.000} \right)^2 + \left(\frac{11.832}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.130 + 0.012 = 0.141 < 1.2 \quad \mathbf{O.K.}$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{-88.260}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{11.832}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.212 + 0.012 = 0.224 < 1.2 \quad \mathbf{O.K.}$$

(10) 판의 최소두께 검토

압축(상부)플랜지 (☞ 도.설.기 3.4.2.2, 3.4.2.3 및 3.9.6)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 20 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$t_{min} = b / (49 \cdot i \cdot n) = 2500 / (49 \times 1.00 \times 6) = 8.5 \text{ mm} \leq t = 20 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$t_{min} = 10 \text{ mm} \leq t = 20 \text{ mm} \quad \text{O.K. (합성형 스퍼드 설치)}$$

인장(하부)플랜지 (☞ 도.설.기 3.8.3.1 및 3.8.3.2)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 20 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$t_{min} = b / (80 \cdot n) = 2500 / (80 \times 4) = 7.8 \text{ mm} \leq t = 20 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

복부판 수평보강재 사용단수 1 단 (☞ 도.설.기 3.8.4)

$$\text{합성전 } t_{min} = b / (219 \times 1.200) = 9.1 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/48.208)} = 1.985 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

$$\text{합성후 } t_{min} = bc / (219 \times 1.200) = 4.3 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/89.019)} = 1.461 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

(11) 항복에 대한 안전도 검사 (☞ 도.설.해(2003) 3.9.3.2)

$\Sigma f = 1.3 \times (\text{합성전 사하중 응력} + \text{합성후 사하중}) + 2.15 \times \text{활하중에 의한 응력(충격포함)}$
 $+ (\text{크리프응력 변화량}) + (\text{건조수축응력변화량}) + (\text{온도차응력변화량})$ 의 조합 중에서
 가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토

① 바닥판 콘크리트

$$\text{합성후 사하중 응력} = \{ M_{sc} / (n \cdot I_v) \} \times Y_{vcu} = 0.554 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 2.132 - 0.554 = 1.578 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 0.554 + 2.15 \times 1.578 + (-0.344) + (-1.023) + (1.278) \\ = 4.025 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad \text{O.K. (크리프, 건조수축 포함시)}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 0.554 + 2.15 \times 1.578 + (1.278) \\ = 5.391 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad \text{O.K. (크리프, 건조수축 제외시)}$$

② 강재주형 상판

$$\text{합성전 사하중 응력} = 48.208 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vsu} = 2.960 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 59.603 - 48.208 - 2.96 = 8.435 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (48.208 + 2.96) + 2.15 \times 8.435 + (3.078) + (12.131) + (14.207) \\ = 114.069 \text{ MPa} < f_y = 315.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K. (크리프, 건조수축 포함시)}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (48.208 + 2.96) + 2.15 \times 8.435 + (14.207) \\ = 98.860 \text{ MPa} < f_y = 315.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K. (크리프, 건조수축 제외시)}$$

③ 강재주형 하판

$$\text{합성전 사하중 응력} = -50.299 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vsl} = -9.862 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -88.26 - (-50.299) - (-9.862) = -28.099 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-50.299 + -9.862) + 2.15 \times -28.099 + (0.663) + (2.322) + (-3.703) \\ = -139.341 \text{ MPa} < f_y = 315.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K. (크리프, 건조수축 포함시)}$$

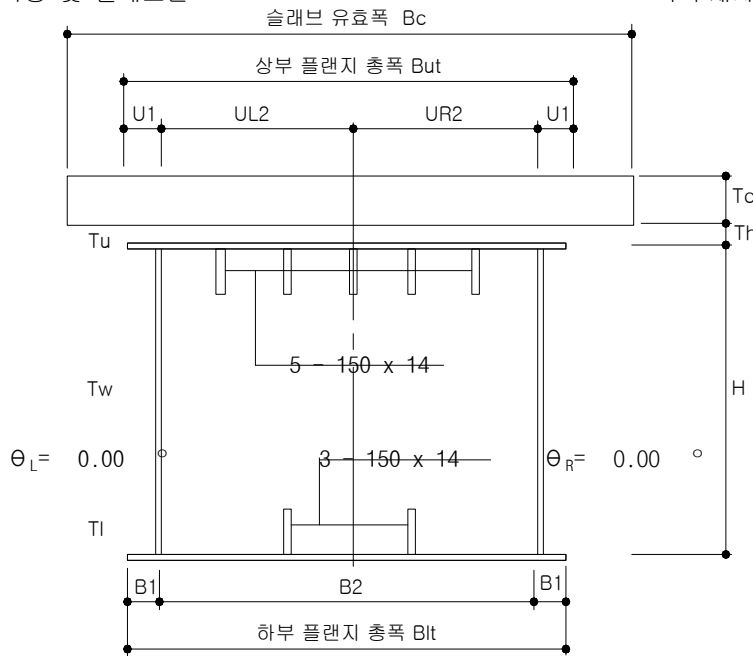
$$\Sigma f = 1.3 \times (-50.299 + -9.862) + 2.15 \times -28.099 + (-3.703) \\ = -142.326 \text{ MPa} < f_y = 315.0 \text{ MPa}$$

- 항복에 대한 안전도 검사 결과 집계

구분		작용응력	항복응력	검토결과	
바닥판 콘크리트	크리프, 건조수축 포함시	4.025	16.200	0.K!!!	4.02
	크리프, 건조수축제외시	5.391	16.200	0.K!!!	3.00
상부플랜지	크리프, 건조수축 포함시	114.069	315.000	0.K!!!	2.76
	크리프, 건조수축제외시	98.860	315.000	0.K!!!	3.18
하부플랜지	크리프, 건조수축 포함시	-139.341	315.000	0.K!!!	2.26
	크리프, 건조수축제외시	-142.326	315.000	0.K!!!	2.21

5-2. 2경간 최대 정모멘트 단면검토(G1)

1) 단면가정 및 설계조건



주부재사용강종 = SM490

H = 2.400 m

Bc = 5.125 m

UL2= 1.250 , UR2= 1.250 m

B2 = 2.500 m

But= 2.700 , Blt= 2.700 m

상하 플랜지 유효폭

Bue= 2.700 , Ble= 2.700 m

Tc = 0.250 m

Th = 0.050 m

Tu = 0.020 m

Tl = 0.020 m

Tw = 0.012 m

U1 = 0.100 m

B1 = 0.100 m

RIB 150 x 14 mm , 150 x 14 mm

구 분	단 위	입력 DATA
Es : 강의 탄성계수	MPa	210000
Ec : 콘크리트의 탄성계수	MPa	26702
ϵ_s : 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 최종수축율		0.00018
α : 강재 및 콘크리트의 선팅창계수		0.000012
ϕ_2 : 건조수축에 의한 크리이프계수		4
n : 강과 콘크리트의 탄성계수비		8
t : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10
Ms : 합성전 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	8354.737
Msc : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	1907.510
Mv : 활하중+지점침하에 의한 모멘트	kN · m	5435.106
Ss : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	177.253
Ssc : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	40.919
Sv : 활하중+지점침하에 의한 전단력	kN	333.467
Mst : 합성전 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-5.722
Msct : 합성후 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-7.973
Mvt : 활하중+지점침하에 의한 비틀림모멘트	kN · m	344.883

< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중

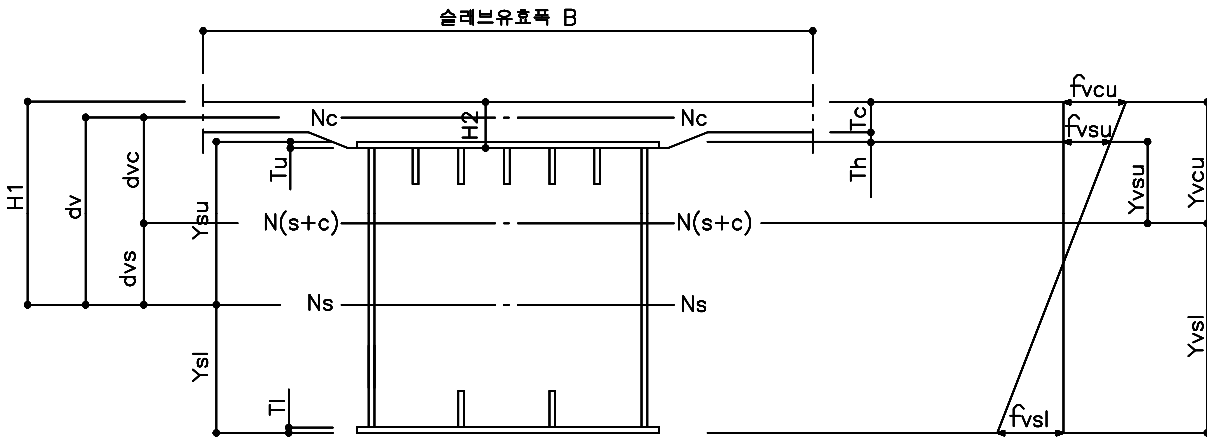
합성후 고정하중 : 방호벽 + PAVEMENT자중

단 면 제 원

단 면	B(mm)	H(mm)	A(mm ²)	Y(mm)	A*Y(mm ³)	A*Y2(mm ⁴)	Ix(mm ⁴)
1 - UPPER FLANGE	2700.0	20.0	54000	1210.0	65340000	79061400000	1800000
5 - UPPER RIB	14.0	150.0	10500	1125.0	11812500	13289062500	19687500
1 - L_WEB	12.0	2400.0	28800	0.0	0	0	13824000000
1 - R_WEB	12.0	2400.0	28800	0.0	0	0	13824000000
3 - LOWER RIB	14.0	150.0	6300	-1125.0	-7087500	7973437500	11812500
1 - LOWER FLANGE	2700.0	20.0	54000	-1210.0	-65340000	79061400000	1800000
강단면 합계			182400		4725000	1.79385E+11	27683100000
1 - RC SLAB	5125.0	250.0	1281250	1375.0	1761718750	2422363281250	6673177083

$$* A_s = 182400 \text{ mm}^2, A_c = 1281250 \text{ mm}^2$$

2) 응력 검토



(1) 합성 전

$$I_s' = A_s \cdot Y_2 + \sum I_s = \text{#####} + 27683100000.0 = 207068400000 \text{ nm}^4$$

$$\delta s = \sum (A \cdot Y) / A_s = 4725000 / 182400 = 25.905 \text{ mm}$$

$$I_s = I_{s'} - A_s \cdot \delta s^2 = \text{#####} - 182400 \times 25.905^2 = 206946000740 \text{ nm}^4$$

$$Y_{su} = H/2 + T_u - \delta_s = 2400.0 / 2 + 20.0 - 25.905 = 1194.095 \text{ mm}$$

$$Y_{sl} = Y_{su} - (H + T_u + T_l) = 1194.095 - 2440.000 = -1245.905 \text{ mm}$$

$$F = b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + Tu/2 + Tl/2) = 6079040.0 \text{ mm}^2$$

$$f_{su} = M_s \cdot Y_{su} / I_s = 48.208 \text{ MPa}$$

$$f_{sI} = M_s \cdot Y_{sI} / I_s = -50.299 \text{ MPa}$$

$$U = S_s / A(\text{Web}) + M_{st} / (2 \cdot F \cdot T_w) = 3.117 \text{ MPa}$$

(2) 합 성 후

$$A_v = A_s + A_c/n = 342556.3 \text{ mm}^2$$

$$I_{c/n} = 834147135 \text{ nm}^4$$

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 86 87 88 89 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99 100 101 102 103 104 105 106 107 108 109 110 111 112 113 114 115 116 117 118 119 120 121 122 123 124 125 126 127 128 129 130 131 132 133 134 135 136 137 138 139 140 141 142 143 144 145 146 147 148 149 150 151 152 153 154 155 156 157 158 159 160 161 162 163 164 165 166 167 168 169 170 171 172 173 174 175 176 177 178 179 180 181 182 183 184 185 186 187 188 189 190 191 192 193 194 195 196 197 198 199 200 201 202 203 204 205 206 207 208 209 210 211 212 213 214 215 216 217 218 219 220 221 222 223 224 225 226 227 228 229 230 231 232 233 234 235 236 237 238 239 240 241 242 243 244 245 246 247 248 249 250 251 252 253 254 255 256 257 258 259 260 261 262 263 264 265 266 267 268 269 270 271 272 273 274 275 276 277 278 279 280 281 282 283 284 285 286 287 288 289 290 291 292 293 294 295 296 297 298 299 300 301 302 303 304 305 306 307 308 309 310 311 312 313 314 315 316 317 318 319 320 321 322 323 324 325 326 327 328 329 330 331 332 333 334 335 336 337 338 339 340 341 342 343 344 345 346 347 348 349 350 351 352 353 354 355 356 357 358 359 360 361 362 363 364 365 366 367 368 369 370 371 372 373 374 375 376 377 378 379 380 381 382 383 384 385 386 387 388 389 390 391 392 393 394 395 396 397 398 399 400 401 402 403 404 405 406 407 408 409 410 411 412 413 414 415 416 417 418 419 420 421 422 423 424 425 426 427 428 429 430 431 432 433 434 435 436 437 438 439 440 441 442 443 444 445 446 447 448 449 450 451 452 453 454 455 456 457 458 459 460 461 462 463 464 465 466 467 468 469 470 471 472 473 474 475 476 477 478 479 480 481 482 483 484 485 486 487 488 489 490 491 492 493 494 495 496 497 498 499 500 501 502 503 504 505 506 507 508 509 510 511 512 513 514 515 516 517 518 519 520 521 522 523 524 525 526 527 528 529 530 531 532 533 534 535 536 537 538 539 540 541 542 543 544 545 546 547 548 549 550 551 552 553 554 555 556 557 558 559 560 561 562 563 564 565 566 567 568 569 570 571 572 573 574 575 576 577 578 579 580 581 582 583 584 585 586 587 588 589 590 591 592 593 594 595 596 597 598 599 600 601 602 603 604 605 606 607 608 609 610 611 612 613 614 615 616 617 618 619 620 621 622 623 624 625 626 627 628 629 630 631 632 633 634 635 636 637 638 639 640 641 642 643 644 645 646 647 648 649 650 651 652 653 654 655 656 657 658 659 660 661 662 663 664 665 666 667 668 669 670 671 672 673 674 675 676 677 678 679 680 681 682 683 684 685 686 687 688 689 690 691 692 693 694 695 696 697 698 699 700 701 702 703 704 705 706 707 708 709 710 711 712 713 714 715 716 717 718 719 720 721 722 723 724 725 726 727 728 729 730 731 732 733 734 735 736 737 738 739 740 741 742 743 744 745 746 747 748 749 750 751 752 753 754 755 756 757 758 759 760 761 762 763 764 765 766 767 768 769 770 771 772 773 774 775 776 777 778 779 780 781 782 783 784 785 786 787 788 789 790 791 792 793 794 795 796 797 798 799 800 801 802 803 804 805 806 807 808 809 810 811 812 813 814 815 816 817 818 819 820 821 822 823 824 825 826 827 828 829 830 831 832 833 834 835 836 837 838 839 840 841 842 843 844 845 846 847 848 849 850 851 852 853 854 855 856 857 858 859 860 861 862 863 864 865 866 867 868 869 870 871 872 873 874 875 876 877 878 879 880 881 882 883 884 885 886 887 888 889 890 891 892 893 894 895 896 897 898 899 900 901 902 903 904 905 906 907 908 909 910 911 912 913 914 915 916 917 918 919 920 921 922 923 924 925 926 927 928 929 930 931 932 933 934 935 936 937 938 939 940 941 942 943 944 945 946 947 948 949 950 951 952 953 954 955 956 957 958 959 960 961 962 963 964 965 966 967 968 969 970 971 972 973 974 975 976 977 978 979 980 981 982 983 984 985 986 987 988 989 990 991 992 993 994 995 996 997 998 999 1000 1001 1002 1003 1004 1005 1006 1007 1008 1009 1010 1011 1012 1013 1014 1015 1016 1017 1018 1019 1020 1021 1022 1023 1024 1025 1026 1027 1028 1029 1030 1031 1032 1033 1034 1035 1036 1037 1038 1039 1040 1

718.3

$$\begin{aligned}
dvs &= dv - dvc = 630.7 \text{ mm} \\
Yvcu &= dvc + Tc/2 = 843.3 \text{ mm} \\
Yvcl &= Yvcu - Tc = 593.3 \text{ mm} \\
Yvsu &= Yvcu - H2 + Tu = 563.3 \text{ mm} \\
Yvsl &= Yvsu - (H + Tu + Tl) = -1876.7 \text{ mm} \\
Iv &= Is + Ic/n + As \cdot dvs^2 + Ac/n \cdot dvc^2 = 362991023595 \text{ mm}^4 \\
Fv &= b \cdot hv = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + (Tu + Tc/n)/2 + Tl/2) = 6118290.0 \text{ mm}^2 \\
fvcu &= Msc \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) = 0.554 \text{ MPa} \\
fvcl &= Msc \cdot Yvcl / (n \cdot Iv) = 0.390 \text{ MPa} \\
fvsu &= Msc \cdot Yvsu / Iv = 2.960 \text{ MPa} \\
fvsl &= Msc \cdot Yvsl / Iv = -9.862 \text{ MPa} \\
u &= Ssc / A(Web) + Msct / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 0.765 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(3) 활 하 중

$$\begin{aligned}
fvcu &= Mv \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) = 1.578 \text{ MPa} \\
fvcl &= Mv \cdot Yvcl / (n \cdot Iv) = 1.111 \text{ MPa} \\
fvsu &= Mv \cdot Yvsu / Iv = 8.435 \text{ MPa} \\
fvsl &= Mv \cdot Yvsl / Iv = -28.099 \text{ MPa} \\
u &= Sv / A(Web) + Mvt / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 8.138 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(4) 크 리 이 프

$$\begin{aligned}
n1 &= n \cdot (1 + \phi 1 / 2) = 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16 \\
Av1 &= As + Ac/n1 = 262478.1 \text{ mm}^2 & \# \text{ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려} \\
dc1 &= dv \cdot As / (Ac/n1 + As) = 937.5 \text{ mm} & K = 0.539 \\
ds1 &= dv - dc1 = 411.6 \text{ mm} \\
Yv1cu &= dc1 + Tc/2 = 1062.5 \text{ mm} \\
Yv1cl &= Yv1cu - Tc = 812.5 \text{ mm} \\
Yv1su &= Yv1cu - H2 + Tu = 782.5 \text{ mm} \\
Yv1sl &= Yv1su - (H + Tu + Tl) = -1657.5 \text{ mm} \\
Iv1 &= Is + Ic/n1 + As \cdot ds1^2 + Ac/n1 \cdot dc1^2 = 308644763107 \text{ mm}^4 \\
Nc &= Msc \cdot dvc \cdot Ac / (n \cdot Iv) = 604575 \text{ N} \\
P\phi &= Nc \cdot 2 \cdot \phi 1 / (2 + \phi 1) = 604575 \text{ N} \\
M\phi &= P\phi \cdot dc1 = 566793428 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
Ec1 &= Ec / (1 + \phi 1 / 2) = 13351 \text{ MPa} \\
fcu &= Msc \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) = 0.554 \text{ MPa} \\
fcl &= Msc \cdot Yvcl / (n \cdot Iv) = 0.390 \text{ MPa} \\
fvcu1 &= 1/n1 \cdot (P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1cu / Iv1) - Ec1 \cdot fcu \cdot \phi 1 / Ec = -0.344 \text{ MPa} \\
fvcl1 &= 1/n1 \cdot (P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1cl / Iv1) - Ec1 \cdot fcl \cdot \phi 1 / Ec = -0.196 \text{ MPa} \\
fvsu1 &= P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1su / Iv1 = 3.078 \text{ MPa} \\
fvsl1 &= P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1sl / Iv1 = 2.822 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(5) 건 조 수 축

$$n2 = n \cdot (1 + \phi^2 / 2) = 8 \times (1 + 4.0 / 2) = 24$$

$$Av2 = As + Ac/n2 = 235785.417 \text{ mm}^2$$

$$dc2 = dv \cdot As / (Ac/n2 + As) = 1043.6 \text{ mm}$$

$$ds2 = dv - dc2 = 305.5 \text{ mm}$$

$$Yv2cu = dc2 + Tc/2 = 1168.6 \text{ mm}$$

$$Yv2cl = Yv2cu - Tc = 918.6 \text{ mm}$$

$$Yv2su = Yv2cu - H2 + Tu = 888.6 \text{ mm}$$

$$Yv2sl = Yv2su - (H + Tu + Tl) = -1551.4 \text{ mm}$$

$$Iv2 = Is + Ic/n2 + As \cdot ds2^2 + Ac/n2 \cdot dc2^2 = 282389082320.9 \text{ mm}^4$$

$$P2 = Es \cdot \epsilon_s \cdot Ac/n2 = 2017969 \text{ N}$$

$$Mv2 = P2 \cdot dc2 = 2106032117 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$Ec2 = Es \cdot /n2 = 8750 \text{ MPa}$$

$$fvcu2 = 1/n2 \cdot (P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2cu/Iv2) - Ec2 \cdot \epsilon_s = -1.023 \text{ MPa}$$

$$fvcl2 = 1/n2 \cdot (P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2cl/Iv2) - Ec2 \cdot \epsilon_s = -1.065 \text{ MPa}$$

$$fvsu2 = P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2su/Iv2 = 12.131 \text{ MPa}$$

$$fvsl2 = P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2sl/Iv2 = 2.322 \text{ MPa}$$

(6) 온 도 차

$$\epsilon_t = \alpha \cdot t = 0.000012 \times 10 = 0.00012$$

$$P1 = Es \cdot \epsilon_t \cdot Ac/n = 4035938 \text{ N}$$

$$Mvt = P1 \cdot dvc = 2899212378 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$fcut1 = 1/n \cdot (P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvcu/Iv) - Ec \cdot \epsilon_t = -1.278 \text{ MPa}$$

$$fclt1 = 1/n \cdot (P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvcl/Iv) - Ec \cdot \epsilon_t = -1.412 \text{ MPa}$$

$$fsut1 = P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvsu/Iv = 14.207 \text{ MPa}$$

$$fslt1 = P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvsl/Iv = 3.703 \text{ MPa}$$

(7) 전 단 및 비틀림

$$u = (Ss + Ssc + Sv)/Aw + Mst/(2 F Tw) + (Msc + Mvt)/(2 FvTw) = 11.832 \text{ MPa} < u_a = 110 \text{ MPa} \quad \text{O.K.}$$

(8) 조합응력의 검토 (도.설 3.4.2.1)

$$i = 0.65(\phi/n)^2 + 0.13(\phi/n) + 1.0$$

$$= 0.650 \times (0.0 / 6)^2 + 0.130 \times (0.0 / 6) + 1.0 = 1.000$$

$$\therefore \phi = (f_1 - f_2)/f_1 \approx 0$$

여기서, n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

i : 응력구배계수 ϕ : 응력구배

f_1, f_2 : 보강된 판의 양면의 응력

(단, $f_1 \geq f_2$ 이며 압축응력을 정(+)으로 한다.)

* 인장 (하부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

$$f_{ta} = 190.0 \text{ MPa}$$

* 압축 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

$$t_u \geq \frac{b}{24 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{24 \times 1.000 \times 6} = 17.4 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 190.0 \text{ MPa}$$

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > t_u \geq \frac{b}{49 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{49 \times 1.000 \times 6} = 8.5 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 190 - 3.9 \left(\frac{b}{(t_u \cdot i \cdot n) - 24} \right) = 202.4$$

$$\frac{b}{49 \cdot i \cdot n} > t_u \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{80 \times 1.000 \times 6} = 5.2 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 220000 \times \left\{ (t_u \cdot i \cdot n) / b \right\} = 506.880 \text{ MPa}$$

$$\text{사용 } t_u = 20.0 \text{ mm}$$

$$\text{따라서, } f_{ca} = 190.000 \text{ MPa}$$

* 철근콘크리트의 허용응력 (도.설 3.9.3)

$$f_{ca} = 0.4 \quad f_{ck} = 10.800 \text{ MPa}$$

$$(f_{ck} = 27 \text{ MPa 사용})$$

$$f_{ta} = 0.07 \quad f_{ck} = 1.890 \text{ MPa}$$

하중조합	CONCRETE				STEEL			
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)		작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1			10.800	10.800	48.208	-50.299	190.000	190.000
1+2+3	2.132	1.500	10.800	10.800	59.603	-88.260	190.000	190.000
1+2+3+4	1.788	1.305	10.800	10.800	62.681	-87.597	218.500	190.000
1+2+3+4+5	0.765	0.240	10.800	10.800	74.812	-85.275	218.500	190.000
1+2+3+4+5+6	-0.512	-1.172	2.174	2.174	89.019	-81.572	247.000	218.500
1+2+3+4+5-6	2.043	1.652	12.420	12.420	60.604	-88.978	247.000	218.500

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

허용응력의 활증 (도.설 3.9.3.1 참조)

(9) 합성응력의 검토 (도.설 3.8.2.4)

(상 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{89.019}{247.000} \right)^2 + \left(\frac{11.832}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.130 + 0.012 = 0.141 < 1.2 \quad \mathbf{O.K.}$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{-88.260}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{11.832}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.212 + 0.012 = 0.224 < 1.2 \quad \mathbf{O.K.}$$

(10) 판의 최소두께 검토

압축(상부)플랜지 (☞ 도.설.기 3.4.2.2, 3.4.2.3 및 3.9.6)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 20 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$t_{min} = b / (49 \cdot i \cdot n) = 2500 / (49 \times 1.00 \times 6) = 8.5 \text{ mm} \leq t = 20 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$t_{min} = 10 \text{ mm} \leq t = 20 \text{ mm} \quad \text{O.K. (합성형 스퍼드 설치)}$$

인장(하부)플랜지 (☞ 도.설.기 3.8.3.1 및 3.8.3.2)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 20 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$t_{min} = b / (80 \cdot n) = 2500 / (80 \times 4) = 7.8 \text{ mm} \leq t = 20 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

복부판 수평보강재 사용단수 1 단 (☞ 도.설.기 3.8.4)

$$\text{합성전 } t_{min} = b / (219 \times 1.200) = 9.1 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/48.208)} = 1.985 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

$$\text{합성후 } t_{min} = bc / (219 \times 1.200) = 4.3 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/89.019)} = 1.461 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

(11) 항복에 대한 안전도 검사 (☞ 도.설.해(2003) 3.9.3.2)

$\Sigma f = 1.3 \times (\text{합성전 사하중 응력} + \text{합성후 사하중}) + 2.15 \times \text{활하중에 의한 응력(충격포함)}$
 $+ (\text{크리프응력 변화량}) + (\text{건조수축응력변화량}) + (\text{온도차응력변화량})$ 의 조합 중에서
 가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토

① 바닥판 콘크리트

$$\text{합성후 사하중 응력} = \{ M_{sc} / (n \cdot I_v) \} \times Y_{vcu} = 0.554 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 2.132 - 0.554 = 1.578 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 0.554 + 2.15 \times 1.578 + (-0.344) + (-1.023) + (1.278) \\ = 4.025 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad \text{O.K. (크리프, 건조수축 포함시)}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 0.554 + 2.15 \times 1.578 + (1.278) \\ = 5.391 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad \text{O.K. (크리프, 건조수축 제외시)}$$

② 강재주형 상판

$$\text{합성전 사하중 응력} = 48.208 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vsu} = 2.960 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 59.603 - 48.208 - 2.96 = 8.435 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (48.208 + 2.96) + 2.15 \times 8.435 + (3.078) + (12.131) + (14.207) \\ = 114.069 \text{ MPa} < f_y = 315.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K. (크리프, 건조수축 포함시)}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (48.208 + 2.96) + 2.15 \times 8.435 + (14.207) \\ = 98.860 \text{ MPa} < f_y = 315.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K. (크리프, 건조수축 제외시)}$$

③ 강재주형 하판

$$\text{합성전 사하중 응력} = -50.299 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vsl} = -9.862 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -88.26 - (-50.299) - (-9.862) = -28.099 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-50.299 + -9.862) + 2.15 \times -28.099 + (0.663) + (2.322) + (-3.703) \\ = -139.341 \text{ MPa} < f_y = 315.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K. (크리프, 건조수축 포함시)}$$

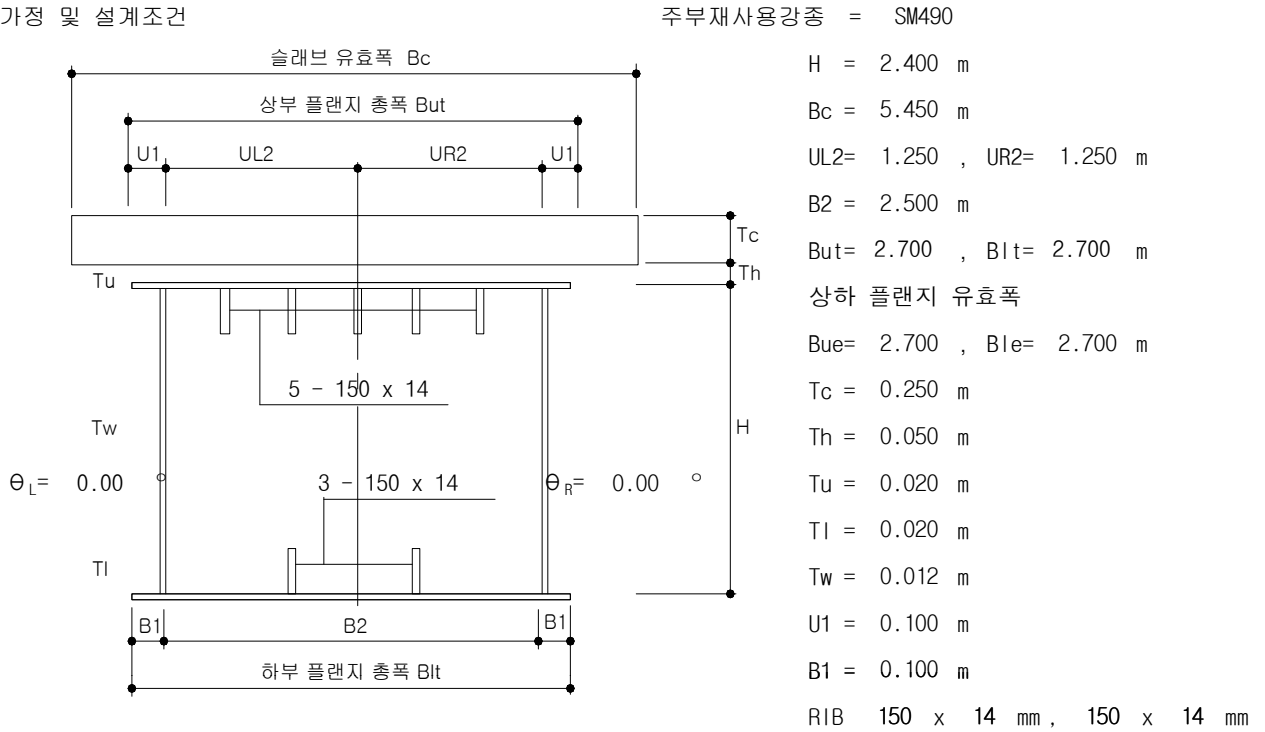
$$\Sigma f = 1.3 \times (-50.299 + -9.862) + 2.15 \times -28.099 + (-3.703) \\ = -142.326 \text{ MPa} < 315.0$$

- 항복에 대한 안전도 검사 결과 집계

구분		작용응력	항복응력	검토결과	
바닥판 콘크리트	크리프, 건조수축 포함시	4.025	16.200	0.K!!!	4.02
	크리프, 건조수축제외시	5.391	16.200	0.K!!!	3.00
상부플랜지	크리프, 건조수축 포함시	114.069	315.000	0.K!!!	2.76
	크리프, 건조수축제외시	98.860	315.000	0.K!!!	3.18
하부플랜지	크리프, 건조수축 포함시	-139.341	315.000	0.K!!!	2.26
	크리프, 건조수축제외시	-142.326	315.000	0.K!!!	2.21

5-3. 1경간 최대 정모멘트 단면검토(G2)

1) 단면가정 및 설계조건



구 분	단 위	입력 DATA
Es : 강의 탄성계수	MPa	210000
Ec : 콘크리트의 탄성계수	MPa	26702
εs : 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 최종수축율		0.00018
α : 강재 및 콘크리트의 선팅창계수		0.000012
φ2: 건조수축에 의한 크리이프계수		4
n : 강과 콘크리트의 탄성계수비		8
t : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10
Ms : 합성전 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	8534.889
Msc : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	2061.440
Mv : 활하중+지점침하에 의한 모멘트	kN · m	5156.930
Ss : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	183.805
Ssc : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	40.443
Sv : 활하중+지점침하에 의한 전단력	kN	516.372
Mst : 합성전 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	0.000
Msct : 합성후 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	23.622
Mvt : 활하중+지점침하에 의한 비틀림모멘트	kN · m	844.348

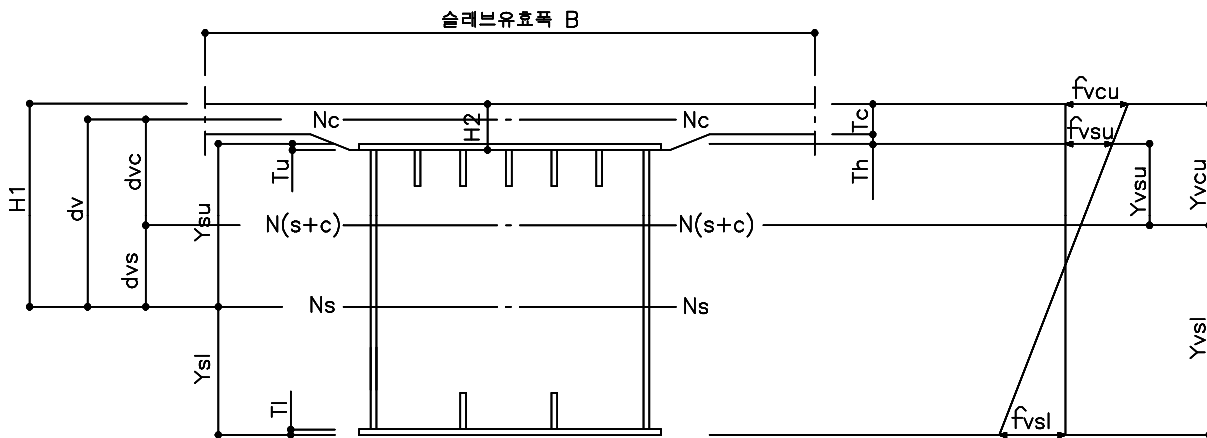
< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 콘크리트바닥판자중
합성후 고정하중 : 방호벽 + PAVEMENT자중

단 면 제 원

단 면	B(mm)	H(mm)	A(mm ²)	Y(mm)	A*Y(mm ³)	A*Y2(mm ⁴)	Ix(mm ⁴)
1 - UPPER FLANGE	2700.0	20.0	54000	1210.0	65340000	79061400000	1800000
5 - UPPER RIB	14.0	150.0	10500	1125.0	11812500	13289062500	19687500
1 - L_WEB	12.0	2400.0	28800	0.0	0	0	13824000000
1 - R_WEB	12.0	2400.0	28800	0.0	0	0	13824000000
3 - LOWER RIB	14.0	150.0	6300	-1125.0	-7087500	7973437500	11812500
1 - LOWER FLANGE	2700.0	20.0	54000	-1210.0	-65340000	79061400000	1800000
강단면 합계			182400		4725000	1.79385E+11	27683100000
1 - RC SLAB	5450.0	250.0	1362500	1375.0	1873437500	2575976562500	7096354167

* As = 182400 mm² , Ac = 1362500 mm²

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

$$I_s' = A_s \cdot Y^2 + \sum I_s = \text{#####} + 27683100000.0 = 207068400000 \text{ mm}^4$$

$$\delta s = \sum (A \cdot Y) / A_s = 4725000 / 182400 = 25.905 \text{ mm}$$

$$I_s = I_s' - A_s \cdot \delta s^2 = \text{#####} - 182400 \times 25.905^2 = 206946000740 \text{ mm}^4$$

$$Y_{su} = H/2 + T_u - \delta s = 2400.0 / 2 + 20.0 - 25.905 = 1194.095 \text{ mm}$$

$$Y_{sl} = Y_{su} - (H + T_u + T_l) = 1194.095 - 2440.000 = -1245.905 \text{ mm}$$

$$F = b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + Tu/2 + Tl/2) = 6079040.0 \text{ mm}^2$$

$$f_{su} = M_s \cdot Y_{su} / I_s = 49.247 \text{ MPa}$$

$$f_{sl} = M_s \cdot Y_{sl} / I_s = -51.384 \text{ MPa}$$

$$u = S_s / A(\text{Web}) + M_{st} / (2 \cdot F \cdot Tw) = 3.191 \text{ MPa}$$

(2) 합 성 후

$$A_v = A_s + A_c/n = 352712.5 \text{ mm}^2$$

$$I_c/n = 887044271 \text{ mm}^4$$

$$I_{cn} = I_c/n + A_v \cdot Y_{cn}^2 = 1040000000 \text{ mm}^4$$

$$697.7$$

$$\begin{aligned}
dvs &= dv - dvc = 651.4 \text{ mm} \\
Yvcu &= dvc + Tc/2 = 822.7 \text{ mm} \\
Yvcl &= Yvcu - Tc = 572.7 \text{ mm} \\
Yvsu &= Yvcu - H2 + Tu = 542.7 \text{ mm} \\
Yvsl &= Yvsu - (H + Tu + Tl) = -1897.3 \text{ mm} \\
Iv &= Is + Ic/n + As \cdot dvs^2 + Ac/n \cdot dvc^2 = 368133895426 \text{ mm}^4 \\
Fv &= b \cdot hv = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + (Tu + Tc/n)/2 + Tl/2) = 6118290.0 \text{ mm}^2 \\
fvcu &= Msc \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) = 0.576 \text{ MPa} \\
fvcl &= Msc \cdot Yvcl / (n \cdot Iv) = 0.401 \text{ MPa} \\
fvsu &= Msc \cdot Yvsu / Iv = 3.039 \text{ MPa} \\
fvsl &= Msc \cdot Yvsl / Iv = -10.625 \text{ MPa} \\
u &= Ssc / A(Web) + Msct / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 0.863 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(3) 활 하 중

$$\begin{aligned}
fvcu &= Mv \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) = 1.441 \text{ MPa} \\
fvcl &= Mv \cdot Yvcl / (n \cdot Iv) = 1.003 \text{ MPa} \\
fvsu &= Mv \cdot Yvsu / Iv = 7.602 \text{ MPa} \\
fvsl &= Mv \cdot Yvsl / Iv = -26.578 \text{ MPa} \\
u &= Sv / A(Web) + Mvt / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 14.715 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(4) 크 리 이 프

$$\begin{aligned}
n1 &= n \cdot (1 + \phi 1 / 2) = 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16 \\
Av1 &= As + Ac/n1 = 267556.3 \text{ mm}^2 & \# \text{ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려} \\
dc1 &= dv \cdot As / (Ac/n1 + As) = 919.7 \text{ mm} & K = 0.548 \\
ds1 &= dv - dc1 = 429.4 \text{ mm} \\
Yv1cu &= dc1 + Tc/2 = 1044.7 \text{ mm} \\
Yv1cl &= Yv1cu - Tc = 794.7 \text{ mm} \\
Yv1su &= Yv1cu - H2 + Tu = 764.7 \text{ mm} \\
Yv1sl &= Yv1su - (H + Tu + Tl) = -1675.3 \text{ mm} \\
Iv1 &= Is + Ic/n1 + As \cdot ds1^2 + Ac/n1 \cdot dc1^2 = 313049760119 \text{ mm}^4 \\
Nc &= Msc \cdot dvc \cdot Ac / (n \cdot Iv) = 665362 \text{ N} \\
P\phi &= Nc \cdot 2 \cdot \phi 1 / (2 + \phi 1) = 665362 \text{ N} \\
M\phi &= P\phi \cdot dc1 = 611942269 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
Ec1 &= Ec / (1 + \phi 1 / 2) = 13351 \text{ MPa} \\
fcu &= Msc \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) = 0.576 \text{ MPa} \\
fcl &= Msc \cdot Yvcl / (n \cdot Iv) = 0.401 \text{ MPa} \\
fvcu1 &= 1/n1 \cdot (P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1cu / Iv1) - Ec1 \cdot fcu \cdot \phi 1 / Ec = -0.350 \text{ MPa} \\
fvcl1 &= 1/n1 \cdot (P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1cl / Iv1) - Ec1 \cdot fcl \cdot \phi 1 / Ec = -0.192 \text{ MPa} \\
fvsu1 &= P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1su / Iv1 = 3.306 \text{ MPa} \\
fvsl1 &= P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1sl / Iv1 = -10.625 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(5) 건 조 수 축

$$n2 = n \cdot (1 + \phi^2 / 2) = 8 \times (1 + 4.0 / 2) = 24$$

$$Av2 = As + Ac/n2 = 239170.833 \text{ mm}^2$$

$$dc2 = dv \cdot As / (Ac/n2 + As) = 1028.9 \text{ mm}$$

$$ds2 = dv - dc2 = 320.2 \text{ mm}$$

$$Yv2cu = dc2 + Tc/2 = 1153.9 \text{ mm}$$

$$Yv2cl = Yv2cu - Tc = 903.9 \text{ mm}$$

$$Yv2su = Yv2cu - H2 + Tu = 873.9 \text{ mm}$$

$$Yv2sl = Yv2su - (H + Tu + Tl) = -1566.1 \text{ mm}$$

$$Iv2 = Is + Ic/n2 + As \cdot ds2^2 + Ac/n2 \cdot dc2^2 = 286041861536.3 \text{ mm}^4$$

$$P2 = Es \cdot \epsilon_s \cdot Ac/n2 = 2145938 \text{ N}$$

$$Mv2 = P2 \cdot dc2 = 2207884477 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$Ec2 = Es \cdot /n2 = 8750 \text{ MPa}$$

$$fvcu2 = 1/n2 \cdot (P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2cu/Iv2) - Ec2 \cdot \epsilon_s = -0.998 \text{ MPa}$$

$$fvc12 = 1/n2 \cdot (P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2cl/Iv2) - Ec2 \cdot \epsilon_s = -1.042 \text{ MPa}$$

$$fvsu2 = P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2su/Iv2 = 12.669 \text{ MPa}$$

$$fvs12 = P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2sl/Iv2 = 2.348 \text{ MPa}$$

(6) 온 도 차

$$\epsilon_t = \alpha \cdot t = 0.000012 \times 10 = 0.00012$$

$$P1 = Es \cdot \epsilon_t \cdot Ac/n = 4291875 \text{ N}$$

$$Mvt = P1 \cdot dvc = 2994288948 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$fcut1 = 1/n \cdot (P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvcu/Iv) - Ec \cdot \epsilon_t = -1.225 \text{ MPa}$$

$$fclt1 = 1/n \cdot (P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvcl/Iv) - Ec \cdot \epsilon_t = -1.364 \text{ MPa}$$

$$fsut1 = P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvsu/Iv = 14.587 \text{ MPa}$$

$$fslt1 = P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvsl/Iv = 3.711 \text{ MPa}$$

(7) 전 단 및 비틀림

$$u = (Ss + Ssc + Sv)/Aw + Mst/(2 F Tw) + (Msc + Mvt)/(2 FvTw) = 18.769 \text{ MPa} < u_a = 110 \text{ MPa} \quad \text{O.K.}$$

(8) 조합응력의 검토 (도.설 3.4.2.1)

$$i = 0.65(\phi/n)^2 + 0.13(\phi/n) + 1.0$$

$$= 0.650 \times (0.0 / 6)^2 + 0.130 \times (0.0 / 6) + 1.0 = 1.000$$

$$\therefore \phi = (f_1 - f_2)/f_1 \approx 0$$

여기서, n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

i : 응력구배계수 ϕ : 응력구배

f_1, f_2 : 보강된 판의 양면의 응력

(단, $f_1 \geq f_2$ 이며 압축응력을 정(+)으로 한다.)

* 인장 (하부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

$$f_{ta} = 190.0 \text{ MPa}$$

* 압축 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

$$t_u \geq \frac{b}{24 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{24 \times 1.000 \times 6} = 17.4 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 190.0 \text{ MPa}$$

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > t_u \geq \frac{b}{49 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{49 \times 1.000 \times 6} = 8.5 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 190 - 3.9 \left(\frac{b}{(t_u \cdot i \cdot n) - 24} \right) = 202.4$$

$$\frac{b}{49 \cdot i \cdot n} > t_u \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{80 \times 1.000 \times 6} = 5.2 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 220000 \times \left\{ (t_u \cdot i \cdot n) / b \right\} = 506.880 \text{ MPa}$$

$$\text{사용 } t_u = 20.0 \text{ mm}$$

$$\text{따라서, } f_{ca} = 190.000 \text{ MPa}$$

* 철근콘크리트의 허용응력 (도.설 3.9.3)

$$f_{ca} = 0.4 \quad f_{ck} = 10.800 \text{ MPa}$$

$$(f_{ck} = 27 \text{ MPa 사용})$$

$$f_{ta} = 0.07 \quad f_{ck} = 1.890 \text{ MPa}$$

하중조합	CONCRETE				STEEL			
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)		작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1			10.800	10.800	49.247	-51.384	190.000	190.000
1+2+3	2.016	1.404	10.800	10.800	59.888	-88.587	190.000	190.000
1+2+3+4	1.666	1.211	10.800	10.800	63.194	-87.894	218.500	190.000
1+2+3+4+5	0.668	0.170	10.800	10.800	75.862	-85.547	218.500	190.000
1+2+3+4+5+6	-0.557	-1.195	2.174	2.174	90.449	-81.835	247.000	218.500
1+2+3+4+5-6	1.893	1.534	12.420	12.420	61.275	-89.258	247.000	218.500

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

허용응력의 활증 (도.설 3.9.3.1 참조)

(9) 합성응력의 검토 (도.설 3.8.2.4)

(상 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{90.449}{247.000} \right)^2 + \left(\frac{18.769}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.134 + 0.029 = 0.163 < 1.2 \quad \mathbf{O.K.}$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{-88.587}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{18.769}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.217 + 0.029 = 0.246 < 1.2 \quad \mathbf{O.K.}$$

(10) 판의 최소두께 검토

압축(상부)플랜지 (☞ 도.설.기 3.4.2.2, 3.4.2.3 및 3.9.6)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 20 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$t_{min} = b / (49 \cdot i \cdot n) = 2500 / (49 \times 1.00 \times 6) = 8.5 \text{ mm} \leq t = 20 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$t_{min} = 10 \text{ mm} \leq t = 20 \text{ mm} \quad \text{O.K. (합성형 스퍼드 설치)}$$

인장(하부)플랜지 (☞ 도.설.기 3.8.3.1 및 3.8.3.2)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 20 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$t_{min} = b / (80 \cdot n) = 2500 / (80 \times 4) = 7.8 \text{ mm} \leq t = 20 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

복부판 수평보강재 사용단수 1 단 (☞ 도.설.기 3.8.4)

$$\text{합성전 } t_{min} = b / (219 \times 1.200) = 9.1 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(fca/fc)} = \sqrt{(190/49.247)} = 1.964 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

$$\text{합성후 } t_{min} = bc / (219 \times 1.200) = 4.1 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(fca/fc)} = \sqrt{(190/90.449)} = 1.449 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

(11) 항복에 대한 안전도 검사 (☞ 도.설.해(2003) 3.9.3.2)

$\Sigma f = 1.3 \times (\text{합성전 사하중 응력} + \text{합성후 사하중}) + 2.15 \times \text{활하중에 의한 응력(충격포함)}$
 $+ (\text{크리프응력 변화량}) + (\text{건조수축응력변화량}) + (\text{온도차응력변화량})$ 의 조합 중에서
 가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토

① 바닥판 콘크리트

$$\text{합성후 사하중 응력} = \{ M_{sc} / (n \cdot I_v) \} \times Y_{vcu} = 0.576 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 2.016 - 0.576 = 1.441 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 0.576 + 2.15 \times 1.441 + (-0.35) + (-0.998) + (1.225) = 3.722 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad \text{O.K. (크리프, 건조수축 포함시)}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 0.576 + 2.15 \times 1.441 + (1.225) = 5.071 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad \text{O.K. (크리프, 건조수축 제외시)}$$

② 강재주형 상판

$$\text{합성전 사하중 응력} = 49.247 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vsu} = 3.039 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 59.888 - 49.247 - 3.039 = 7.602 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (49.247 + 3.039) + 2.15 \times 7.602 + (3.306) + (12.669) + (14.587) = 114.877 \text{ MPa} < f_y = 315.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K. (크리프, 건조수축 포함시)}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (49.247 + 3.039) + 2.15 \times 7.602 + (14.587) = 98.902 \text{ MPa} < f_y = 315.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K. (크리프, 건조수축 제외시)}$$

③ 강재주형 하판

$$\text{합성전 사하중 응력} = -51.384 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vsl} = -10.625 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -88.587 - (-51.384) - (-10.625) = -26.578 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-51.384 + -10.625) + 2.15 \times -26.578 + (0.692) + (2.348) + (-3.711) = -138.425 \text{ MPa} < f_y = 315.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K. (크리프, 건조수축 포함시)}$$

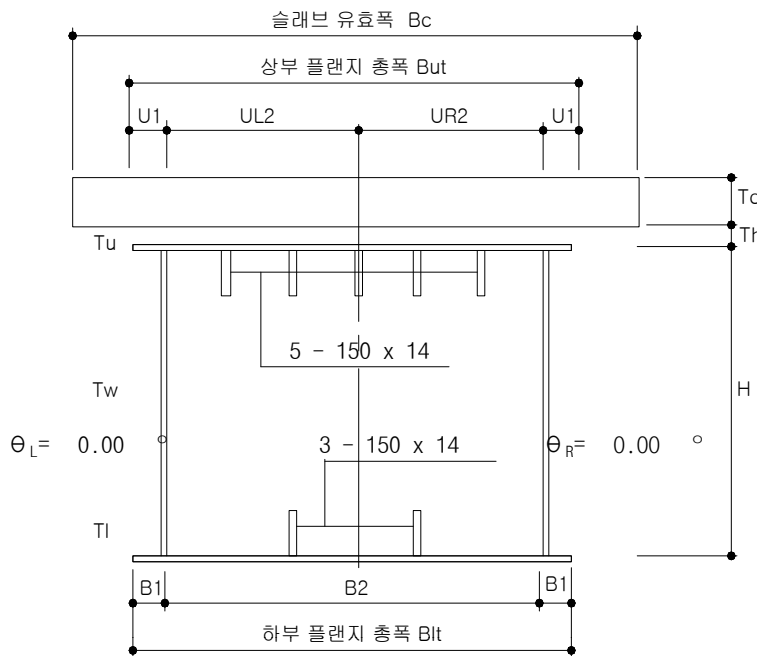
$$\Sigma f = 1.3 \times (-51.384 + -10.625) + 2.15 \times -26.578 + (-3.711) = -141.465 \text{ MPa} < 315.0$$

- 항복에 대한 안전도 검사 결과 집계

구분		작용응력	항복응력	검토결과	
바닥판 콘크리트	크리프, 건조수축 포함시	3.722	16.200	0.K!!!	4.35
	크리프, 건조수축제외시	5.071	16.200	0.K!!!	3.19
상부플랜지	크리프, 건조수축 포함시	114.877	315.000	0.K!!!	2.74
	크리프, 건조수축제외시	98.902	315.000	0.K!!!	3.18
하부플랜지	크리프, 건조수축 포함시	-138.425	315.000	0.K!!!	2.27
	크리프, 건조수축제외시	-141.465	315.000	0.K!!!	2.22

5-4. 2경간 최대 정모멘트 단면검토(G2)

1) 단면가정 및 설계조건



주부재사용강종 = SM490

H = 2.400 m
 Bc = 5.450 m
 UL2= 1.250 , UR2= 1.250 m
 B2 = 2.500 m
 But= 2.700 , Blt= 2.700 m
 상하 플랜지 유효폭
 Bue= 2.700 , Ble= 2.700 m
 Tc = 0.250 m
 Th = 0.050 m
 Tu = 0.020 m
 TI = 0.020 m
 Tw = 0.012 m
 U1 = 0.100 m
 B1 = 0.100 m

RIB 150 x 14 mm , 150 x 14 mm

구 분	단 위	입력 DATA
Es : 강의 탄성계수	MPa	210000
Ec : 콘크리트의 탄성계수	MPa	26702
ϵ_s : 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 최종수축율		0.00018
α : 강재 및 콘크리트의 선팽창계수		0.000012
ϕ_2 : 건조수축에 의한 크리이프계수		4
n : 강과 콘크리트의 탄성계수비		8
t : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10
Ms : 합성전 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	8534.889
Msc : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	2061.440
Mv : 활하중+지점침하에 의한 모멘트	kN · m	5156.929
Ss : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	183.805
Ssc : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	40.443
Sv : 활하중+지점침하에 의한 전단력	kN	516.372
Mst : 합성전 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	0.000
Mstc : 합성후 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-23.622
Mvt : 활하중+지점침하에 의한 비틀림모멘트	kN · m	301.139

< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중

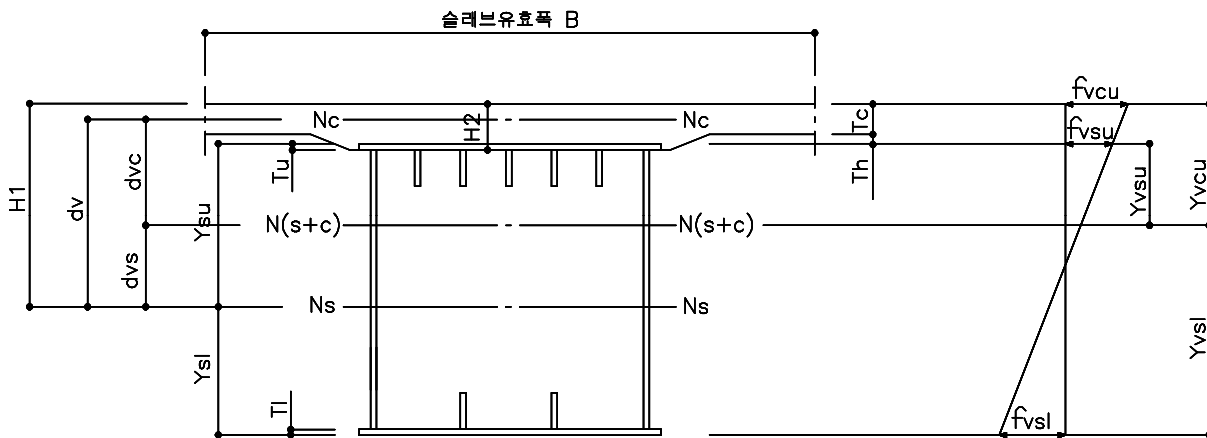
합성후 고정하중 : 방호벽 + PAVEMENT자중

단 면 제 원

단 면	B(mm)	H(mm)	A(mm ²)	Y(mm)	A*Y(mm ³)	A*Y2(mm ⁴)	Ix(mm ⁴)
1 - UPPER FLANGE	2700.0	20.0	54000	1210.0	65340000	79061400000	1800000
5 - UPPER RIB	14.0	150.0	10500	1125.0	11812500	13289062500	19687500
1 - L_WEB	12.0	2400.0	28800	0.0	0	0	13824000000
1 - R_WEB	12.0	2400.0	28800	0.0	0	0	13824000000
3 - LOWER RIB	14.0	150.0	6300	-1125.0	-7087500	7973437500	11812500
1 - LOWER FLANGE	2700.0	20.0	54000	-1210.0	-65340000	79061400000	1800000
강단면 합계			182400		4725000	1.79385E+11	27683100000
1 - RC SLAB	5450.0	250.0	1362500	1375.0	1873437500	2575976562500	7096354167

* As = 182400 mm² , Ac = 1362500 mm²

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

$$I_s' = A_s \cdot Y^2 + \sum I_s = ##### + 27683100000.0 = 207068400000 \text{ mm}^4$$

$$\delta s = \sum (A \cdot Y) / A_s = 4725000 / 182400 = 25.905 \text{ mm}$$

$$I_s = I_s' - A_s \cdot \delta s^2 = ##### - 182400 \times 25.905^2 = 206946000740 \text{ mm}^4$$

$$Y_{su} = H/2 + T_u - \delta s = 2400.0 / 2 + 20.0 - 25.905 = 1194.095 \text{ mm}$$

$$Y_{sl} = Y_{su} - (H + T_u + T_l) = 1194.095 - 2440.000 = -1245.905 \text{ mm}$$

$$F = b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + Tu/2 + Tl/2) = 6079040.0 \text{ mm}^2$$

$$f_{su} = M_s \cdot Y_{su} / I_s = 49.247 \text{ MPa}$$

$$f_{sl} = M_s \cdot Y_{sl} / I_s = -51.384 \text{ MPa}$$

$$u = S_s / A(\text{Web}) + M_{st} / (2 \cdot F \cdot Tw) = 3.191 \text{ MPa}$$

(2) 합 성 후

$$A_v = A_s + A_c/n = 352712.5 \text{ mm}^2$$

$$I_c/n = 887044271 \text{ mm}^4$$

$$I_{cn} = I_c/n + A_v \cdot Y_{cn}^2 = 1040000000 \text{ mm}^4$$

$$697.7$$

$$\begin{aligned}
dvs &= dv - dvc = 651.4 \text{ mm} \\
Yvcu &= dvc + Tc/2 = 822.7 \text{ mm} \\
Yvcl &= Yvcu - Tc = 572.7 \text{ mm} \\
Yvsu &= Yvcu - H2 + Tu = 542.7 \text{ mm} \\
Yvsl &= Yvsu - (H + Tu + Tl) = -1897.3 \text{ mm} \\
Iv &= Is + Ic/n + As \cdot dvs^2 + Ac/n \cdot dvc^2 = 368133895426 \text{ mm}^4 \\
Fv &= b \cdot hv = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + (Tu + Tc/n)/2 + Tl/2) = 6118290.0 \text{ mm}^2 \\
fvcu &= Msc \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) = 0.576 \text{ MPa} \\
fvcl &= Msc \cdot Yvcl / (n \cdot Iv) = 0.401 \text{ MPa} \\
fvsu &= Msc \cdot Yvsu / Iv = 3.039 \text{ MPa} \\
fvsl &= Msc \cdot Yvsl / Iv = -10.625 \text{ MPa} \\
u &= Ssc / A(Web) + Msct / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 0.863 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(3) 활 하 중

$$\begin{aligned}
fvcu &= Mv \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) = 1.441 \text{ MPa} \\
fvcl &= Mv \cdot Yvcl / (n \cdot Iv) = 1.003 \text{ MPa} \\
fvsu &= Mv \cdot Yvsu / Iv = 7.602 \text{ MPa} \\
fvsl &= Mv \cdot Yvsl / Iv = -26.578 \text{ MPa} \\
u &= Sv / A(Web) + Mvt / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 11.016 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(4) 크 리 이 프

$$\begin{aligned}
n1 &= n \cdot (1 + \phi 1 / 2) = 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16 \\
Av1 &= As + Ac/n1 = 267556.3 \text{ mm}^2 & \# \text{ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려} \\
dc1 &= dv \cdot As / (Ac/n1 + As) = 919.7 \text{ mm} & K = 0.548 \\
ds1 &= dv - dc1 = 429.4 \text{ mm} \\
Yv1cu &= dc1 + Tc/2 = 1044.7 \text{ mm} \\
Yv1cl &= Yv1cu - Tc = 794.7 \text{ mm} \\
Yv1su &= Yv1cu - H2 + Tu = 764.7 \text{ mm} \\
Yv1sl &= Yv1su - (H + Tu + Tl) = -1675.3 \text{ mm} \\
Iv1 &= Is + Ic/n1 + As \cdot ds1^2 + Ac/n1 \cdot dc1^2 = 313049760119 \text{ mm}^4 \\
Nc &= Msc \cdot dvc \cdot Ac / (n \cdot Iv) = 665362 \text{ N} \\
P\phi &= Nc \cdot 2 \cdot \phi 1 / (2 + \phi 1) = 665362 \text{ N} \\
M\phi &= P\phi \cdot dc1 = 611942269 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
Ec1 &= Ec / (1 + \phi 1 / 2) = 13351 \text{ MPa} \\
fcu &= Msc \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) = 0.576 \text{ MPa} \\
fcl &= Msc \cdot Yvcl / (n \cdot Iv) = 0.401 \text{ MPa} \\
fvcu1 &= 1/n1 \cdot (P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1cu / Iv1) - Ec1 \cdot fcu \cdot \phi 1 / Ec = -0.350 \text{ MPa} \\
fvcl1 &= 1/n1 \cdot (P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1cl / Iv1) - Ec1 \cdot fcl \cdot \phi 1 / Ec = -0.192 \text{ MPa} \\
fvsu1 &= P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1su / Iv1 = 3.306 \text{ MPa} \\
fvsl1 &= P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1sl / Iv1 = -10.625 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(5) 건 조 수 축

$$n2 = n \cdot (1 + \phi^2 / 2) = 8 \times (1 + 4.0 / 2) = 24$$

$$Av2 = As + Ac/n2 = 239170.833 \text{ mm}^2$$

$$dc2 = dv \cdot As / (Ac/n2 + As) = 1028.9 \text{ mm}$$

$$ds2 = dv - dc2 = 320.2 \text{ mm}$$

$$Yv2cu = dc2 + Tc/2 = 1153.9 \text{ mm}$$

$$Yv2cl = Yv2cu - Tc = 903.9 \text{ mm}$$

$$Yv2su = Yv2cu - H2 + Tu = 873.9 \text{ mm}$$

$$Yv2sl = Yv2su - (H + Tu + Tl) = -1566.1 \text{ mm}$$

$$lv2 = ls + lc/n2 + As \cdot ds2^2 + Ac/n2 \cdot dc2^2 = 286041861536.3 \text{ mm}^4$$

$$P2 = Es \cdot \epsilon_s \cdot Ac/n2 = 2145938 \text{ N}$$

$$Mv2 = P2 \cdot dc2 = 2207884477 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$Ec2 = Es \cdot /n2 = 8750 \text{ MPa}$$

$$fvcu2 = 1/n2 \cdot (P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2cu/lv2) - Ec2 \cdot \epsilon_s = -0.998 \text{ MPa}$$

$$fvcl2 = 1/n2 \cdot (P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2cl/lv2) - Ec2 \cdot \epsilon_s = -1.042 \text{ MPa}$$

$$fvsu2 = P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2su/lv2 = 12.669 \text{ MPa}$$

$$fvsl2 = P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2sl/lv2 = 2.348 \text{ MPa}$$

(6) 온 도 차

$$\epsilon_t = \alpha \cdot t = 0.000012 \times 10 = 0.00012$$

$$P1 = Es \cdot \epsilon_t \cdot Ac/n = 4291875 \text{ N}$$

$$Mvt = P1 \cdot dvc = 2994288948 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$fcut1 = 1/n \cdot (P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvcu/lv) - Ec \cdot \epsilon_t = -1.225 \text{ MPa}$$

$$fclt1 = 1/n \cdot (P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvcl/lv) - Ec \cdot \epsilon_t = -1.364 \text{ MPa}$$

$$fsut1 = P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvsu/lv = 14.587 \text{ MPa}$$

$$fslt1 = P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvsl/lv = 3.711 \text{ MPa}$$

(7) 전 단 및 비틀림

$$u = (Ss + Ssc + Sv)/Aw + Mst/(2 F Tw) + (Msc + Mvt)/(2 FvTw) = 14.748 \text{ MPa} < u_a = 110 \text{ MPa} \quad \text{O.K.}$$

(8) 조합응력의 검토 (도.설 3.4.2.1)

$$i = 0.65(\phi/n)^2 + 0.13(\phi/n) + 1.0$$

$$= 0.650 \times (0.0 / 6)^2 + 0.130 \times (0.0 / 6) + 1.0 = 1.000$$

$$\therefore \phi = (f_1 - f_2)/f_1 \approx 0$$

여기서, n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

i : 응력구배계수 ϕ : 응력구배

f_1, f_2 : 보강된 판의 양면의 응력

(단, $f_1 \geq f_2$ 이며 압축응력을 정(+)으로 한다.)

* 인장 (하부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

$$f_{ta} = 190.0 \text{ MPa}$$

* 압축 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

$$t_u \geq \frac{b}{24 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{24 \times 1.000 \times 6} = 17.4 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 190.0 \text{ MPa}$$

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > t_u \geq \frac{b}{49 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{49 \times 1.000 \times 6} = 8.5 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 190 - 3.9 \left(\frac{b}{(t_u \cdot i \cdot n) - 24} \right) = 202.4$$

$$\frac{b}{49 \cdot i \cdot n} > t_u \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{80 \times 1.000 \times 6} = 5.2 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 220000 \times \left\{ (t_u \cdot i \cdot n) / b \right\} = 506.880 \text{ MPa}$$

$$\text{사용 } t_u = 20.0 \text{ mm}$$

$$\text{따라서, } f_{ca} = 190.000 \text{ MPa}$$

* 철근콘크리트의 허용응력 (도.설 3.9.3)

$$f_{ca} = 0.4 \quad f_{ck} = 10.800 \text{ MPa}$$

$$(f_{ck} = 27 \text{ MPa 사용})$$

$$f_{ta} = 0.07 \quad f_{ck} = 1.890 \text{ MPa}$$

하중조합	CONCRETE				STEEL			
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)		작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1			10.800	10.800	49.247	-51.384	190.000	190.000
1+2+3	2.016	1.404	10.800	10.800	59.888	-88.587	190.000	190.000
1+2+3+4	1.666	1.211	10.800	10.800	63.194	-87.894	218.500	190.000
1+2+3+4+5	0.668	0.170	10.800	10.800	75.862	-85.547	218.500	190.000
1+2+3+4+5+6	-0.557	-1.195	2.174	2.174	90.449	-81.835	247.000	218.500
1+2+3+4+5-6	1.893	1.534	12.420	12.420	61.275	-89.258	247.000	218.500

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

허용응력의 활증 (도.설 3.9.3.1 참조)

(9) 합성응력의 검토 (도.설 3.8.2.4)

(상 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{90.449}{247.000} \right)^2 + \left(\frac{14.748}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.134 + 0.018 = 0.152 < 1.2 \quad \mathbf{O.K.}$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{-88.587}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{14.748}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.217 + 0.018 = 0.235 < 1.2 \quad \mathbf{O.K.}$$

(10) 판의 최소두께 검토

압축(상부)플랜지 (☞ 도.설.기 3.4.2.2, 3.4.2.3 및 3.9.6)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 20 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$t_{min} = b / (49 \cdot i \cdot n) = 2500 / (49 \times 1.00 \times 6) = 8.5 \text{ mm} \leq t = 20 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$t_{min} = 10 \text{ mm} \leq t = 20 \text{ mm} \quad \text{O.K. (합성형 스퍼드 설치)}$$

인장(하부)플랜지 (☞ 도.설.기 3.8.3.1 및 3.8.3.2)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 20 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$t_{min} = b / (80 \cdot n) = 2500 / (80 \times 4) = 7.8 \text{ mm} \leq t = 20 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

복부판 수평보강재 사용단수 1 단 (☞ 도.설.기 3.8.4)

$$\text{합성전 } t_{min} = b / (219 \times 1.200) = 9.1 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(fca/fc)} = \sqrt{(190/49.247)} = 1.964 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

$$\text{합성후 } t_{min} = bc / (219 \times 1.200) = 4.1 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(fca/fc)} = \sqrt{(190/90.449)} = 1.449 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

(11) 항복에 대한 안전도 검사 (☞ 도.설.해(2003) 3.9.3.2)

$\Sigma f = 1.3 \times (\text{합성전 사하중 응력} + \text{합성후 사하중}) + 2.15 \times \text{활하중에 의한 응력(충격포함)}$
 $+ (\text{크리프응력 변화량}) + (\text{건조수축응력변화량}) + (\text{온도차응력변화량})$ 의 조합 중에서
 가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토

① 바닥판 콘크리트

$$\text{합성후 사하중 응력} = \{ M_{sc} / (n \cdot I_v) \} \times Y_{vcu} = 0.576 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 2.016 - 0.576 = 1.441 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 0.576 + 2.15 \times 1.441 + (-0.35) + (-0.998) + (1.225) = 3.722 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad \text{O.K. (크리프, 건조수축 포함시)}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 0.576 + 2.15 \times 1.441 + (1.225) = 5.071 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad \text{O.K. (크리프, 건조수축 제외시)}$$

② 강재주형 상판

$$\text{합성전 사하중 응력} = 49.247 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vsu} = 3.039 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 59.888 - 49.247 - 3.039 = 7.602 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (49.247 + 3.039) + 2.15 \times 7.602 + (3.306) + (12.669) + (14.587) = 114.877 \text{ MPa} < f_y = 315.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K. (크리프, 건조수축 포함시)}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (49.247 + 3.039) + 2.15 \times 7.602 + (14.587) = 98.902 \text{ MPa} < f_y = 315.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K. (크리프, 건조수축 제외시)}$$

③ 강재주형 하판

$$\text{합성전 사하중 응력} = -51.384 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vsl} = -10.625 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -88.587 - (-51.384) - (-10.625) = -26.578 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-51.384 + -10.625) + 2.15 \times -26.578 + (0.692) + (2.348) + (-3.711) = -138.425 \text{ MPa} < f_y = 315.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K. (크리프, 건조수축 포함시)}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-51.384 + -10.625) + 2.15 \times -26.578 + (-3.711) = -141.465 \text{ MPa} < 315.0$$

- 항복에 대한 안전도 검사 결과 집계

구분		작용응력	항복응력	검토결과	
바닥판 콘크리트	크리프, 건조수축 포함시	3.722	16.200	0.K!!!	4.35
	크리프, 건조수축제외시	5.071	16.200	0.K!!!	3.19
상부플랜지	크리프, 건조수축 포함시	114.877	315.000	0.K!!!	2.74
	크리프, 건조수축제외시	98.902	315.000	0.K!!!	3.18
하부플랜지	크리프, 건조수축 포함시	-138.425	315.000	0.K!!!	2.27
	크리프, 건조수축제외시	-141.465	315.000	0.K!!!	2.22

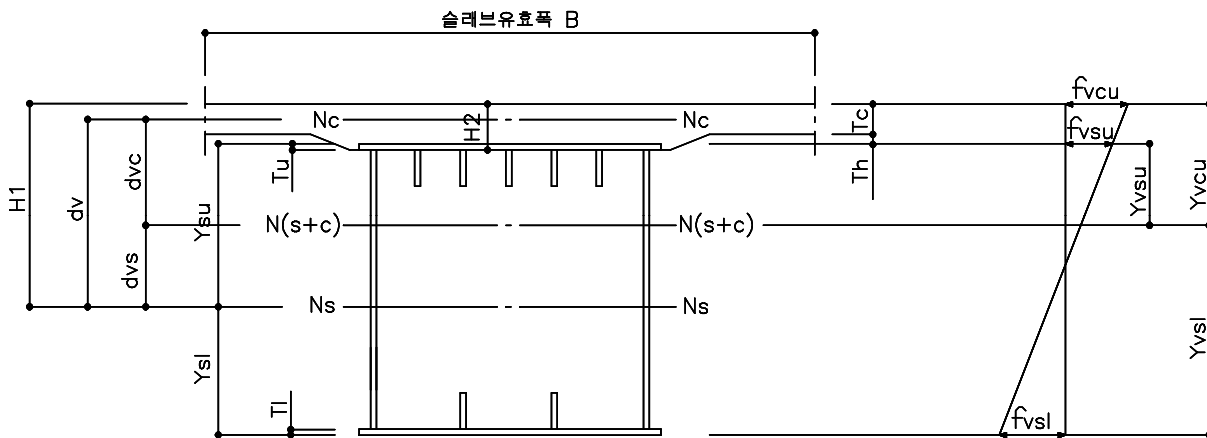
< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 콘크리트바닥판자중
합성후 고정하중 : 방호벽 + PAVEMENT자중

단 면 제 원

단 면	B(mm)	H(mm)	A(mm ²)	Y(mm)	A*Y(mm ³)	A*Y2(mm ⁴)	Ix(mm ⁴)
1 - UPPER FLANGE	2700.0	20.0	54000	1210.0	65340000	79061400000	1800000
5 - UPPER RIB	14.0	150.0	10500	1125.0	11812500	13289062500	19687500
1 - L_WEB	12.0	2400.0	28800	0.0	0	0	13824000000
1 - R_WEB	12.0	2400.0	28800	0.0	0	0	13824000000
3 - LOWER RIB	14.0	150.0	6300	-1125.0	-7087500	7973437500	11812500
1 - LOWER FLANGE	2700.0	20.0	54000	-1210.0	-65340000	79061400000	1800000
강단면 합계			182400		4725000	1.79385E+11	27683100000
1 - RC SLAB	5125.0	250.0	1281250	1375.0	1761718750	2422363281250	6673177083

* As = 182400 mm² , Ac = 1281250 mm²

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

$$I_s' = A_s \cdot Y^2 + \sum I_s = ##### + 27683100000.0 = 207068400000 \text{ mm}^4$$

$$\delta s = \sum (A \cdot Y) / A_s = 4725000 / 182400 = 25.905 \text{ mm}$$

$$I_s = I_s' - A_s \cdot \delta s^2 = ##### - 182400 \times 25.905^2 = 206946000740 \text{ mm}^4$$

$$Y_{su} = H/2 + T_u - \delta s = 2400.0 / 2 + 20.0 - 25.905 = 1194.095 \text{ mm}$$

$$Y_{sl} = Y_{su} - (H + T_u + T_l) = 1194.095 - 2440.000 = -1245.905 \text{ mm}$$

$$F = b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + Tu/2 + Tl/2) = 6079040.0 \text{ mm}^2$$

$$f_{su} = M_s \cdot Y_{su} / I_s = 48.208 \text{ MPa}$$

$$f_{sl} = M_s \cdot Y_{sl} / I_s = -50.299 \text{ MPa}$$

$$u = S_s / A(\text{Web}) + M_{st} / (2 \cdot F \cdot Tw) = 3.117 \text{ MPa}$$

(2) 합 성 후

$$A_v = A_s + A_c/n = 342556.3 \text{ mm}^2$$

$$I_c/n = 834147135 \text{ mm}^4$$

$$I_{cn} = I_c/n + A_v \cdot Y_{cn}^2 = 1040000000 \text{ mm}^4$$

$$718.3$$

$$\begin{aligned}
dvs &= dv - dvc = 630.7 \text{ mm} \\
Yvcu &= dvc + Tc/2 = 843.3 \text{ mm} \\
Yvcl &= Yvcu - Tc = 593.3 \text{ mm} \\
Yvsu &= Yvcu - H2 + Tu = 563.3 \text{ mm} \\
Yvsl &= Yvsu - (H + Tu + Tl) = -1876.7 \text{ mm} \\
Iv &= Is + Ic/n + As \cdot dvs^2 + Ac/n \cdot dvc^2 = 362991023595 \text{ mm}^4 \\
Fv &= b \cdot hv = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + (Tu + Tc/n)/2 + Tl/2) = 6118290.0 \text{ mm}^2 \\
fvcu &= Msc \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) = 0.634 \text{ MPa} \\
fvcl &= Msc \cdot Yvcl / (n \cdot Iv) = 0.446 \text{ MPa} \\
fvsu &= Msc \cdot Yvsu / Iv = 3.390 \text{ MPa} \\
fvsl &= Msc \cdot Yvsl / Iv = -11.293 \text{ MPa} \\
u &= Ssc / A(Web) + Msct / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 0.947 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(3) 활 하 중

$$\begin{aligned}
fvcu &= Mv \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) = 1.406 \text{ MPa} \\
fvcl &= Mv \cdot Yvcl / (n \cdot Iv) = 0.989 \text{ MPa} \\
fvsu &= Mv \cdot Yvsu / Iv = 7.516 \text{ MPa} \\
fvsl &= Mv \cdot Yvsl / Iv = -25.036 \text{ MPa} \\
u &= Sv / A(Web) + Mvt / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 7.786 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(4) 크 리 이 프

$$\begin{aligned}
n1 &= n \cdot (1 + \phi 1 / 2) = 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16 \\
Av1 &= As + Ac/n1 = 262478.1 \text{ mm}^2 & \# \text{ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려} \\
dc1 &= dv \cdot As / (Ac/n1 + As) = 937.5 \text{ mm} & K = 0.539 \\
ds1 &= dv - dc1 = 411.6 \text{ mm} \\
Yv1cu &= dc1 + Tc/2 = 1062.5 \text{ mm} \\
Yv1cl &= Yv1cu - Tc = 812.5 \text{ mm} \\
Yv1su &= Yv1cu - H2 + Tu = 782.5 \text{ mm} \\
Yv1sl &= Yv1su - (H + Tu + Tl) = -1657.5 \text{ mm} \\
Iv1 &= Is + Ic/n1 + As \cdot ds1^2 + Ac/n1 \cdot dc1^2 = 308644763107 \text{ mm}^4 \\
Nc &= Msc \cdot dvc \cdot Ac / (n \cdot Iv) = 692345 \text{ N} \\
P\phi &= Nc \cdot 2 \cdot \phi 1 / (2 + \phi 1) = 692345 \text{ N} \\
M\phi &= P\phi \cdot dc1 = 649078031 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
Ec1 &= Ec / (1 + \phi 1 / 2) = 13351 \text{ MPa} \\
fcu &= Msc \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) = 0.634 \text{ MPa} \\
fcl &= Msc \cdot Yvcl / (n \cdot Iv) = 0.446 \text{ MPa} \\
fvcu1 &= 1/n1 \cdot (P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1cu / Iv1) - Ec1 \cdot fcu \cdot \phi 1 / Ec = -0.394 \text{ MPa} \\
fvcl1 &= 1/n1 \cdot (P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1cl / Iv1) - Ec1 \cdot fcl \cdot \phi 1 / Ec = -0.224 \text{ MPa} \\
fvsu1 &= P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1su / Iv1 = 3.525 \text{ MPa} \\
fvsl1 &= P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1sl / Iv1 = -11.293 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(5) 건 조 수 축

$$n2 = n \cdot (1 + \phi^2 / 2) = 8 \times (1 + 4.0 / 2) = 24$$

$$Av2 = As + Ac/n2 = 235785.417 \text{ mm}^2$$

$$dc2 = dv \cdot As / (Ac/n2 + As) = 1043.6 \text{ mm}$$

$$ds2 = dv - dc2 = 305.5 \text{ mm}$$

$$Yv2cu = dc2 + Tc/2 = 1168.6 \text{ mm}$$

$$Yv2cl = Yv2cu - Tc = 918.6 \text{ mm}$$

$$Yv2su = Yv2cu - H2 + Tu = 888.6 \text{ mm}$$

$$Yv2sl = Yv2su - (H + Tu + Tl) = -1551.4 \text{ mm}$$

$$Iv2 = Is + Ic/n2 + As \cdot ds2^2 + Ac/n2 \cdot dc2^2 = 282389082320.9 \text{ mm}^4$$

$$P2 = Es \cdot \epsilon_s \cdot Ac/n2 = 2017969 \text{ N}$$

$$Mv2 = P2 \cdot dc2 = 2106032117 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$Ec2 = Es \cdot /n2 = 8750 \text{ MPa}$$

$$fvcu2 = 1/n2 \cdot (P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2cu/Iv2) - Ec2 \cdot \epsilon_s = -1.023 \text{ MPa}$$

$$fvcl2 = 1/n2 \cdot (P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2cl/Iv2) - Ec2 \cdot \epsilon_s = -1.065 \text{ MPa}$$

$$fvsu2 = P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2su/Iv2 = 12.131 \text{ MPa}$$

$$fvsl2 = P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2sl/Iv2 = 2.322 \text{ MPa}$$

(6) 온 도 차

$$\epsilon_t = \alpha \cdot t = 0.000012 \times 10 = 0.00012$$

$$P1 = Es \cdot \epsilon_t \cdot Ac/n = 4035938 \text{ N}$$

$$Mvt = P1 \cdot dvc = 2899212378 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$fcut1 = 1/n \cdot (P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvcu/Iv) - Ec \cdot \epsilon_t = -1.278 \text{ MPa}$$

$$fclt1 = 1/n \cdot (P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvcl/Iv) - Ec \cdot \epsilon_t = -1.412 \text{ MPa}$$

$$fsut1 = P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvsu/Iv = 14.207 \text{ MPa}$$

$$fslt1 = P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvsl/Iv = 3.703 \text{ MPa}$$

(7) 전 단 및 비틀림

$$u = (Ss + Ssc + Sv)/Aw + Mst/(2 F Tw) + (Msc + Mvt)/(2 FvTw) = 11.772 \text{ MPa} < u_a = 110 \text{ MPa} \quad \text{O.K.}$$

(8) 조합응력의 검토 (도.설 3.4.2.1)

$$i = 0.65(\phi/n)^2 + 0.13(\phi/n) + 1.0$$

$$= 0.650 \times (0.0/6)^2 + 0.130 \times (0.0/6) + 1.0 = 1.000$$

$$\therefore \phi = (f_1 - f_2)/f_1 \approx 0$$

여기서, n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

i : 응력구배계수 ϕ : 응력구배

f_1, f_2 : 보강된 판의 양면의 응력

(단, $f_1 \geq f_2$ 이며 압축응력을 정(+)으로 한다.)

* 인장 (하부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

$$f_{ta} = 190.0 \text{ MPa}$$

* 압축 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

$$t_u \geq \frac{b}{24 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{24 \times 1.000 \times 6} = 17.4 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 190.0 \text{ MPa}$$

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > t_u \geq \frac{b}{49 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{49 \times 1.000 \times 6} = 8.5 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 190 - 3.9 \left(\frac{b}{(t_u \cdot i \cdot n) - 24} \right) = 202.4$$

$$\frac{b}{49 \cdot i \cdot n} > t_u \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{80 \times 1.000 \times 6} = 5.2 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 220000 \times \left\{ (t_u \cdot i \cdot n) / b \right\} = 506.880 \text{ MPa}$$

$$\text{사용 } t_u = 20.0 \text{ mm}$$

$$\text{따라서, } f_{ca} = 190.000 \text{ MPa}$$

* 철근콘크리트의 허용응력 (도.설 3.9.3)

$$f_{ca} = 0.4 \quad f_{ck} = 10.800 \text{ MPa}$$

$$(f_{ck} = 27 \text{ MPa 사용})$$

$$f_{ta} = 0.07 \quad f_{ck} = 1.890 \text{ MPa}$$

하중조합	CONCRETE				STEEL			
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)		작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1			10.800	10.800	48.208	-50.299	190.000	190.000
1+2+3	2.041	1.436	10.800	10.800	59.113	-86.629	190.000	190.000
1+2+3+4	1.647	1.212	10.800	10.800	62.638	-85.870	218.500	190.000
1+2+3+4+5	0.624	0.147	10.800	10.800	74.769	-83.547	218.500	190.000
1+2+3+4+5+6	-0.654	-1.265	2.174	2.174	88.976	-79.845	247.000	218.500
1+2+3+4+5-6	1.902	1.560	12.420	12.420	60.562	-87.250	247.000	218.500

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

허용응력의 활증 (도.설 3.9.3.1 참조)

(9) 합성응력의 검토 (도.설 3.8.2.4)

(상 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{88.976}{247.000} \right)^2 + \left(\frac{11.772}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.130 + 0.011 = 0.141 < 1.2 \quad \mathbf{O.K.}$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{-86.629}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{11.772}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.202 + 0.011 = 0.213 < 1.2 \quad \mathbf{O.K.}$$

(10) 판의 최소두께 검토

압축(상부)플랜지 (☞ 도.설.기 3.4.2.2, 3.4.2.3 및 3.9.6)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 20 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$t_{min} = b / (49 \cdot i \cdot n) = 2500 / (49 \times 1.00 \times 6) = 8.5 \text{ mm} \leq t = 20 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$t_{min} = 10 \text{ mm} \leq t = 20 \text{ mm} \quad \text{O.K.} \quad (\text{합성형 스테드 설치})$$

인장(하부)플랜지 (☞ 도.설.기 3.8.3.1 및 3.8.3.2)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 20 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$t_{min} = b / (80 \cdot n) = 2500 / (80 \times 4) = 7.8 \text{ mm} \leq t = 20 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

복부판 수평보강재 사용단수 1 단 (☞ 도.설.기 3.8.4)

$$\text{합성전 } t_{min} = b / (219 \times 1.200) = 9.1 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/48.208)} = 1.985 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

$$\text{합성후 } t_{min} = bc / (219 \times 1.200) = 4.3 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/88.976)} = 1.461 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

(11) 항복에 대한 안전도 검사 (☞ 도.설.해(2003) 3.9.3.2)

$\Sigma f = 1.3 \times (\text{합성전 사하중 응력} + \text{합성후 사하중}) + 2.15 \times \text{활하중에 의한 응력(충격포함)}$
 $+ (\text{크리프응력 변화량}) + (\text{건조수축응력변화량}) + (\text{온도차응력변화량})$ 의 조합 중에서
 가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토

① 바닥판 콘크리트

$$\text{합성후 사하중 응력} = \{ M_{sc} / (n \cdot I_v) \} \times Y_{vcu} = 0.634 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 2.041 - 0.634 = 1.406 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 0.634 + 2.15 \times 1.406 + (-0.394) + (-1.023) + (1.278) = 3.709 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 0.634 + 2.15 \times 1.406 + (1.278) = 5.126 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

② 강재주형 상판

$$\text{합성전 사하중 응력} = 48.208 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vsu} = 3.390 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 59.113 - 48.208 - 3.39 = 7.515 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (48.208 + 3.39) + 2.15 \times 7.515 + (3.525) + (12.131) + (14.207) = 113.097 \text{ MPa} < f_y = 315.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (48.208 + 3.39) + 2.15 \times 7.515 + (14.207) = 97.442 \text{ MPa} < f_y = 315.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

③ 강재주형 하판

$$\text{합성전 사하중 응력} = -50.299 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vsl} = -11.293 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -86.629 - (-50.299) - (-11.293) = -25.036 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-50.299 + -11.293) + 2.15 \times -25.036 + (0.759) + (2.322) + (-3.703) = -134.520 \text{ MPa} < f_y = 315.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

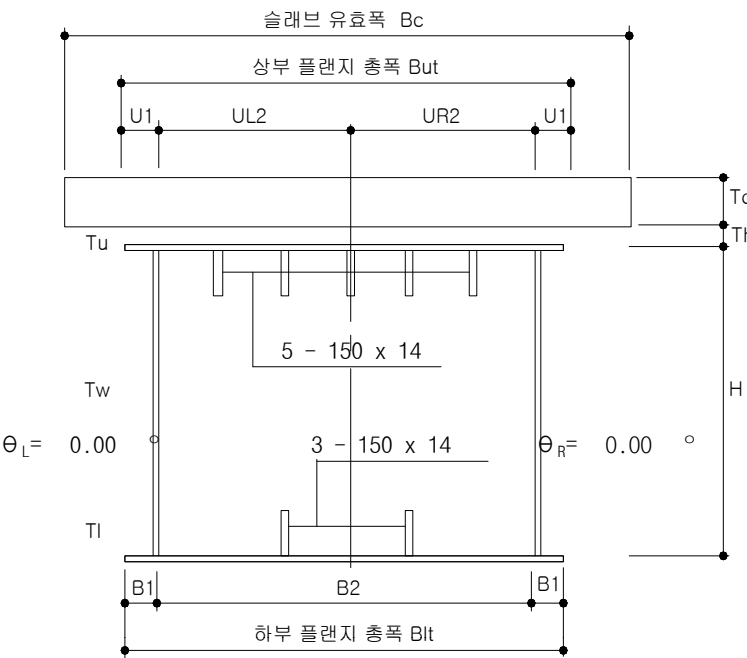
$$\Sigma f = 1.3 \times (-50.299 + -11.293) + 2.15 \times -25.036 + (-3.703) = -137.601 \text{ MPa} < 315.0$$

- 항복에 대한 안전도 검사 결과 집계

구분		작용응력	항복응력	검토결과	
바닥판 콘크리트	크리프, 건조수축 포함시	3.709	16.200	0.K!!!	4.36
	크리프, 건조수축제외시	5.126	16.200	0.K!!!	3.16
상부플랜지	크리프, 건조수축 포함시	113.097	315.000	0.K!!!	2.78
	크리프, 건조수축제외시	97.442	315.000	0.K!!!	3.23
하부플랜지	크리프, 건조수축 포함시	-134.520	315.000	0.K!!!	2.34
	크리프, 건조수축제외시	-137.601	315.000	0.K!!!	2.28

5-6. 2경간 최대 정모멘트 단면검토(G3)

1) 단면가정 및 설계조건



주부재사용강종 = SM490

H = 2.400 m
Bc = 5.125 m
UL2= 1.250 , UR2= 1.250 m
B2 = 2.500 m
But= 2.700 , BIt= 2.700 m
상하 플랜지 유효폭
Bue= 2.700 , Ble= 2.700 m
Tc = 0.250 m
Th = 0.050 m
Tu = 0.020 m
TI = 0.020 m
Tw = 0.012 m
U1 = 0.100 m
B1 = 0.100 m
RIB 150 x 14 mm , 150 x 14 mm

구 분	단 위	입력 DATA
Es : 강의 탄성계수	MPa	210000
Ec : 콘크리트의 탄성계수	MPa	26702
εs: 바닥판 콘크리트의 건조수축에의한 최종수축율		0.00018
α : 강재 및 콘크리트의 선팅창계수		0.000012
φ2: 건조수축에의한 크리이프계수		4
n : 강과 콘크리트의 탄성계수비		8
t : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10
Ms : 합성전 고정하중에의한 모멘트	kN · m	8354.737
Msc : 합성후 고정하중에의한 모멘트	kN · m	2184.434
Mv : 활하중+지점침하에의한 모멘트	kN · m	4842.613
Ss : 합성전 고정하중에의한 전단력	kN	177.253
Ssc : 합성후 고정하중에의한 전단력	kN	48.194
Sv : 활하중+지점침하에의한 전단력	kN	321.460
Mst : 합성전 고정하중에의한 비틀림모멘트	kN · m	5.722
Msct : 합성후 고정하중에의한 비틀림모멘트	kN · m	-16.228
Mvt :활하중+지점침하에의한 비틀림모멘트	kN · m	301.139

< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중

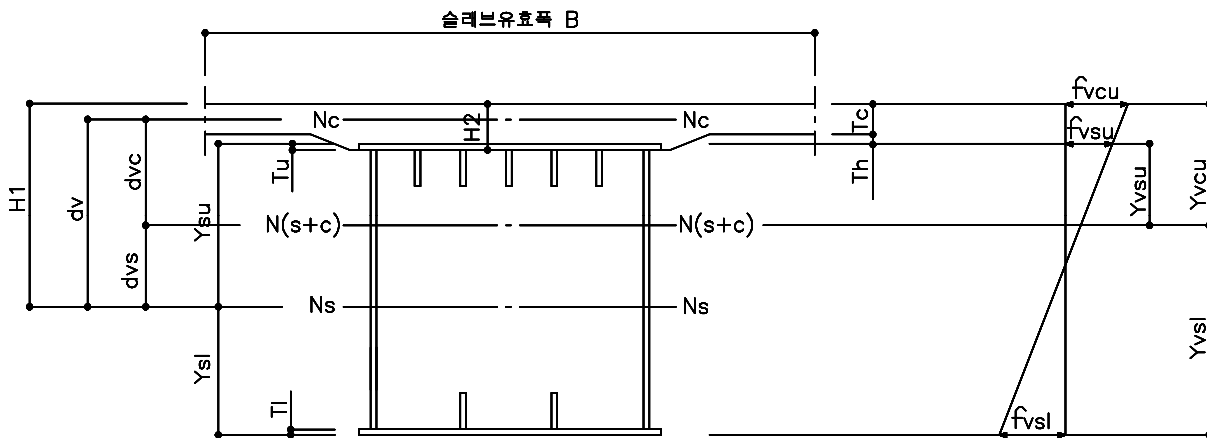
합성후 고정하중 : 방호벽 + PAVEMENT자중

단 면 제 원

단 면	B(mm)	H(mm)	A(mm ²)	Y(mm)	A*Y(mm ³)	A*Y2(mm ⁴)	Ix(mm ⁴)
1 - UPPER FLANGE	2700.0	20.0	54000	1210.0	65340000	79061400000	1800000
5 - UPPER RIB	14.0	150.0	10500	1125.0	11812500	13289062500	19687500
1 - L_WEB	12.0	2400.0	28800	0.0	0	0	13824000000
1 - R_WEB	12.0	2400.0	28800	0.0	0	0	13824000000
3 - LOWER RIB	14.0	150.0	6300	-1125.0	-7087500	7973437500	11812500
1 - LOWER FLANGE	2700.0	20.0	54000	-1210.0	-65340000	79061400000	1800000
강단면 합계			182400		4725000	1.79385E+11	27683100000
1 - RC SLAB	5125.0	250.0	1281250	1375.0	1761718750	2422363281250	6673177083

* As = 182400 mm² , Ac = 1281250 mm²

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

$$I_s' = A_s \cdot Y^2 + \sum I_s = \text{#####} + 27683100000.0 = 207068400000 \text{ mm}^4$$

$$\delta s = \sum (A \cdot Y) / A_s = 4725000 / 182400 = 25.905 \text{ mm}$$

$$I_s = I_s' - A_s \cdot \delta s^2 = \text{#####} - 182400 \times 25.905^2 = 206946000740 \text{ mm}^4$$

$$Y_{su} = H/2 + T_u - \delta s = 2400.0 / 2 + 20.0 - 25.905 = 1194.095 \text{ mm}$$

$$Y_{sl} = Y_{su} - (H + T_u + T_l) = 1194.095 - 2440.000 = -1245.905 \text{ mm}$$

$$F = b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + T_u/2 + T_l/2) = 6079040.0 \text{ mm}^2$$

$$f_{su} = M_s \cdot Y_{su} / I_s = 48.208 \text{ MPa}$$

$$f_{sl} = M_s \cdot Y_{sl} / I_s = -50.299 \text{ MPa}$$

$$u = S_s / A(\text{Web}) + M_{st} / (2 \cdot F \cdot Tw) = 3.117 \text{ MPa}$$

(2) 합 성 후

$$A_v = A_s + A_c/n = 342556.3 \text{ mm}^2$$

$$I_c/n = 834147135 \text{ mm}^4$$

$$I_{cn} = I_c/n + A_v \cdot Y_{cn}^2 = 10404100000 \text{ mm}^4$$

$$718.3$$

$$\begin{aligned}
dvs &= dv - dvc = 630.7 \text{ mm} \\
Yvcu &= dvc + Tc/2 = 843.3 \text{ mm} \\
Yvcl &= Yvcu - Tc = 593.3 \text{ mm} \\
Yvsu &= Yvcu - H2 + Tu = 563.3 \text{ mm} \\
Yvsl &= Yvsu - (H + Tu + Tl) = -1876.7 \text{ mm} \\
Iv &= Is + Ic/n + As \cdot dvs^2 + Ac/n \cdot dvc^2 = 362991023595 \text{ mm}^4 \\
Fv &= b \cdot hv = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + (Tu + Tc/n)/2 + Tl/2) = 6118290.0 \text{ mm}^2 \\
fvcu &= Msc \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) = 0.634 \text{ MPa} \\
fvcl &= Msc \cdot Yvcl / (n \cdot Iv) = 0.446 \text{ MPa} \\
fvsu &= Msc \cdot Yvsu / Iv = 3.390 \text{ MPa} \\
fvsl &= Msc \cdot Yvsl / Iv = -11.293 \text{ MPa} \\
u &= Ssc / A(Web) + Msct / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 0.947 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(3) 활 하 중

$$\begin{aligned}
fvcu &= Mv \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) = 1.406 \text{ MPa} \\
fvcl &= Mv \cdot Yvcl / (n \cdot Iv) = 0.989 \text{ MPa} \\
fvsu &= Mv \cdot Yvsu / Iv = 7.516 \text{ MPa} \\
fvsl &= Mv \cdot Yvsl / Iv = -25.036 \text{ MPa} \\
u &= Sv / A(Web) + Mvt / (2 \cdot Fv \cdot Tw) = 7.632 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(4) 크 리 이 프

$$\begin{aligned}
n1 &= n \cdot (1 + \phi 1 / 2) = 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16 \\
Av1 &= As + Ac/n1 = 262478.1 \text{ mm}^2 & \# \text{ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려} \\
dc1 &= dv \cdot As / (Ac/n1 + As) = 937.5 \text{ mm} & K = 0.539 \\
ds1 &= dv - dc1 = 411.6 \text{ mm} \\
Yv1cu &= dc1 + Tc/2 = 1062.5 \text{ mm} \\
Yv1cl &= Yv1cu - Tc = 812.5 \text{ mm} \\
Yv1su &= Yv1cu - H2 + Tu = 782.5 \text{ mm} \\
Yv1sl &= Yv1su - (H + Tu + Tl) = -1657.5 \text{ mm} \\
Iv1 &= Is + Ic/n1 + As \cdot ds1^2 + Ac/n1 \cdot dc1^2 = 308644763107 \text{ mm}^4 \\
Nc &= Msc \cdot dvc \cdot Ac / (n \cdot Iv) = 692345 \text{ N} \\
P\phi &= Nc \cdot 2 \cdot \phi 1 / (2 + \phi 1) = 692345 \text{ N} \\
M\phi &= P\phi \cdot dc1 = 649078031 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
Ec1 &= Ec / (1 + \phi 1 / 2) = 13351 \text{ MPa} \\
fcu &= Msc \cdot Yvcu / (n \cdot Iv) = 0.634 \text{ MPa} \\
fcl &= Msc \cdot Yvcl / (n \cdot Iv) = 0.446 \text{ MPa} \\
fvcu1 &= 1/n1 \cdot (P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1cu / Iv1) - Ec1 \cdot fcu \cdot \phi 1 / Ec = -0.394 \text{ MPa} \\
fvcl1 &= 1/n1 \cdot (P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1cl / Iv1) - Ec1 \cdot fcl \cdot \phi 1 / Ec = -0.224 \text{ MPa} \\
fvsu1 &= P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1su / Iv1 = 3.525 \text{ MPa} \\
fvsl1 &= P\phi / Av1 + k \cdot M\phi \cdot Yv1sl / Iv1 = -11.293 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(5) 건 조 수 축

$$n2 = n \cdot (1 + \phi^2 / 2) = 8 \times (1 + 4.0 / 2) = 24$$

$$Av2 = As + Ac/n2 = 235785.417 \text{ mm}^2$$

$$dc2 = dv \cdot As / (Ac/n2 + As) = 1043.6 \text{ mm}$$

$$ds2 = dv - dc2 = 305.5 \text{ mm}$$

$$Yv2cu = dc2 + Tc/2 = 1168.6 \text{ mm}$$

$$Yv2cl = Yv2cu - Tc = 918.6 \text{ mm}$$

$$Yv2su = Yv2cu - H2 + Tu = 888.6 \text{ mm}$$

$$Yv2sl = Yv2su - (H + Tu + Tl) = -1551.4 \text{ mm}$$

$$Iv2 = Is + Ic/n2 + As \cdot ds2^2 + Ac/n2 \cdot dc2^2 = 282389082320.9 \text{ mm}^4$$

$$P2 = Es \cdot \epsilon_s \cdot Ac/n2 = 2017969 \text{ N}$$

$$Mv2 = P2 \cdot dc2 = 2106032117 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$Ec2 = Es \cdot /n2 = 8750 \text{ MPa}$$

$$fvcu2 = 1/n2 \cdot (P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2cu/Iv2) - Ec2 \cdot \epsilon_s = -1.023 \text{ MPa}$$

$$fvcl2 = 1/n2 \cdot (P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2cl/Iv2) - Ec2 \cdot \epsilon_s = -1.065 \text{ MPa}$$

$$fvsu2 = P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2su/Iv2 = 12.131 \text{ MPa}$$

$$fvsl2 = P2/Av2 + k \cdot Mv2 \cdot Yv2sl/Iv2 = 2.322 \text{ MPa}$$

(6) 온 도 차

$$\epsilon_t = \alpha \cdot t = 0.000012 \times 10 = 0.00012$$

$$P1 = Es \cdot \epsilon_t \cdot Ac/n = 4035938 \text{ N}$$

$$Mvt = P1 \cdot dvc = 2899212378 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$fcut = 1/n \cdot (P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvcu/Iv) - Ec \cdot \epsilon_t = -1.278 \text{ MPa}$$

$$fclt = 1/n \cdot (P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvcl/Iv) - Ec \cdot \epsilon_t = -1.412 \text{ MPa}$$

$$fsut = P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvsu/Iv = 14.207 \text{ MPa}$$

$$fslt = P1/Av + k \cdot Mvt \cdot Yvsl/Iv = 3.703 \text{ MPa}$$

(7) 전 단 및 비틀림

$$u = (Ss + Ssc + Sv)/Aw + Mst/(2 F Tw) + (Msc + Mvt)/(2 FvTw) = 11.474 \text{ MPa} < u_a = 110 \text{ MPa} \quad \text{O.K.}$$

(8) 조합응력의 검토 (도.설 3.4.2.1)

$$i = 0.65(\phi/n)^2 + 0.13(\phi/n) + 1.0$$

$$= 0.650 \times (0.0/6)^2 + 0.130 \times (0.0/6) + 1.0 = 1.000$$

$$\therefore \phi = (f_1 - f_2)/f_1 \approx 0$$

여기서, n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

i : 응력구배계수 ϕ : 응력구배

f_1, f_2 : 보강된 판의 양면의 응력

(단, $f_1 \geq f_2$ 이며 압축응력을 정(+)으로 한다.)

* 인장 (하부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

$$f_{ta} = 190.0 \text{ MPa}$$

* 압축 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

$$t_u \geq \frac{b}{24 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{24 \times 1.000 \times 6} = 17.4 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 190.0 \text{ MPa}$$

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > t_u \geq \frac{b}{49 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{49 \times 1.000 \times 6} = 8.5 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 190 - 3.9 \left(\frac{b}{(t_u \cdot i \cdot n) - 24} \right) = 202.4$$

$$\frac{b}{49 \cdot i \cdot n} > t_u \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{80 \times 1.000 \times 6} = 5.2 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 220000 \times \left\{ (t_u \cdot i \cdot n) / b \right\} = 506.880 \text{ MPa}$$

$$\text{사용 } t_u = 20.0 \text{ mm}$$

$$\text{따라서, } f_{ca} = 190.000 \text{ MPa}$$

* 철근콘크리트의 허용응력 (도.설 3.9.3)

$$f_{ca} = 0.4 \quad f_{ck} = 10.800 \text{ MPa}$$

$$(f_{ck} = 27 \text{ MPa 사용})$$

$$f_{ta} = 0.07 \quad f_{ck} = 1.890 \text{ MPa}$$

하중조합	CONCRETE				STEEL			
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)		작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1			10.800	10.800	48.208	-50.299	190.000	190.000
1+2+3	2.041	1.436	10.800	10.800	59.113	-86.629	190.000	190.000
1+2+3+4	1.647	1.212	10.800	10.800	62.638	-85.870	218.500	190.000
1+2+3+4+5	0.624	0.147	10.800	10.800	74.769	-83.547	218.500	190.000
1+2+3+4+5+6	-0.654	-1.265	2.174	2.174	88.976	-79.845	247.000	218.500
1+2+3+4+5-6	1.902	1.560	12.420	12.420	60.562	-87.250	247.000	218.500

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

허용응력의 활증 (도.설 3.9.3.1 참조)

(9) 합성응력의 검토 (도.설 3.8.2.4)

(상 연)

$$\begin{aligned} \left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 &= \left(\frac{88.976}{247.000} \right)^2 + \left(\frac{11.474}{110.000} \right)^2 \\ &= 0.130 + 0.011 = 0.141 < 1.2 \quad \mathbf{O.K.} \end{aligned}$$

(하 연)

$$\begin{aligned} \left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 &= \left(\frac{-86.629}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{11.474}{110.000} \right)^2 \\ &= 0.202 + 0.011 = 0.213 < 1.2 \quad \mathbf{O.K.} \end{aligned}$$

(10) 판의 최소두께 검토

압축(상부)플랜지 (☞ 도.설.기 3.4.2.2, 3.4.2.3 및 3.9.6)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 20 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$t_{min} = b / (49 \cdot i \cdot n) = 2500 / (49 \times 1.00 \times 6) = 8.5 \text{ mm} \leq t = 20 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$t_{min} = 10 \text{ mm} \leq t = 20 \text{ mm} \quad \text{O.K. (합성형 스퍼드 설치)}$$

인장(하부)플랜지 (☞ 도.설.기 3.8.3.1 및 3.8.3.2)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 20 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$t_{min} = b / (80 \cdot n) = 2500 / (80 \times 4) = 7.8 \text{ mm} \leq t = 20 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

복부판 수평보강재 사용단수 1 단 (☞ 도.설.기 3.8.4)

$$\text{합성전 } t_{min} = b / (219 \times 1.200) = 9.1 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/48.208)} = 1.985 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

$$\text{합성후 } t_{min} = bc / (219 \times 1.200) = 4.3 \text{ mm} \leq t = 12 \text{ mm} \quad \text{O.K.}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190/88.976)} = 1.461 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

(11) 항복에 대한 안전도 검사 (☞ 도.설.해(2003) 3.9.3.2)

$\Sigma f = 1.3 \times (\text{합성전 사하중 응력} + \text{합성후 사하중}) + 2.15 \times \text{활하중에 의한 응력(충격포함)}$
 $+ (\text{크리프응력 변화량}) + (\text{건조수축응력변화량}) + (\text{온도차응력변화량})$ 의 조합 중에서
 가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토

① 바닥판 콘크리트

$$\text{합성후 사하중 응력} = \{ M_{sc} / (n \cdot I_v) \} \times Y_{vcu} = 0.634 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 2.041 - 0.634 = 1.406 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 0.634 + 2.15 \times 1.406 + (-0.394) + (-1.023) + (1.278) \\ = 3.709 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad \text{O.K. (크리프, 건조수축 포함시)}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times 0.634 + 2.15 \times 1.406 + (1.278) \\ = 5.126 \text{ MPa} < (3/5) f_{ck} = 16.2 \text{ MPa} \quad \text{O.K. (크리프, 건조수축 제외시)}$$

② 강재주형 상판

$$\text{합성전 사하중 응력} = 48.208 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vsu} = 3.390 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 59.113 - 48.208 - 3.39 = 7.515 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (48.208 + 3.39) + 2.15 \times 7.515 + (3.525) + (12.131) + (14.207) \\ = 113.097 \text{ MPa} < f_y = 315.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K. (크리프, 건조수축 포함시)}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (48.208 + 3.39) + 2.15 \times 7.515 + (14.207) \\ = 97.442 \text{ MPa} < f_y = 315.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K. (크리프, 건조수축 제외시)}$$

③ 강재주형 하판

$$\text{합성전 사하중 응력} = -50.299 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_v \times Y_{vsl} = -11.293 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -86.629 - -50.299 - -11.293 = -25.036 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-50.299 + -11.293) + 2.15 \times -25.036 + (0.759) + (2.322) + (-3.703) \\ = -134.520 \text{ MPa} < f_y = 315.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K. (크리프, 건조수축 포함시)}$$

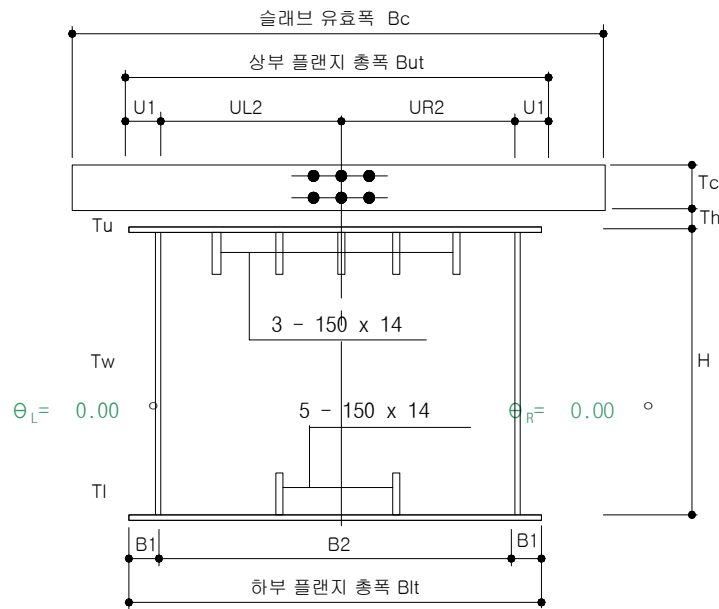
$$\Sigma f = 1.3 \times (-50.299 + -11.293) + 2.15 \times -25.036 + (-3.703) \\ = -137.601 \text{ MPa} < 315.0$$

- 항복에 대한 안전도 검사 결과 집계

구분		작용응력	항복응력	검토결과	
바닥판 콘크리트	크리프, 건조수축 포함시	3.709	16.200	0.K!!!	4.36
	크리프, 건조수축제외시	5.126	16.200	0.K!!!	3.16
상부플랜지	크리프, 건조수축 포함시	113.097	315.000	0.K!!!	2.78
	크리프, 건조수축제외시	97.442	315.000	0.K!!!	3.23
하부플랜지	크리프, 건조수축 포함시	-134.520	315.000	0.K!!!	2.34
	크리프, 건조수축제외시	-137.601	315.000	0.K!!!	2.28

5-7. 1경간 최대 부모멘트 단면검토(G1)

1) 단면가정 및 설계조건



주부재사용강종 = SM490

H = 2.400 m

Bc = 4.542 m

UL2= 1.250 , UR2= 1.250 m

B2 = 2.500 m

But= 2.700 , Blt= 2.700 m

상하 플랜지 유효폭

Bue= 2.394 , Ble= 2.394 m

Tc = 0.250 m

Th = 0.050 m

Tu = 0.032 m

Tl = 0.034 m

Tw = 0.014 m

U1 = 0.100 m

B1 = 0.100 m

RIB 150 x 14 mm , 150 x 14 mm

구 분	단 위	입력 DATA
Es : 강역 탄성계수	MPa	210000
Ec : 콘크리트의 탄성계수	MPa	26702
ϵ_s : 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 최종수축율		0.00018
α : 강재 및 콘크리트의 선팅창계수		0.000012
ϕ_2 : 건조수축에 의한 크리이프계수		4
n : 강과 콘크리트의 탄성계수비		8
t : 강과 콘크리트의 온도차	°C	10
Ms : 합성전 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	-17450.850
Msc : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	-3944.490
Mv : (활하중 + 지점침하)에 의한 모멘트	kN · m	-6060.478
Ss : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	-1649.780
Ssc : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	-366.190
Sv : (활하중 + 지점침하)에 의한 전단력	kN	-814.160
Mst : 합성전 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-11.370
Msc : 합성후 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-9.561
Mvt : (활하중 + 지점침하)에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-747.667
t _{cu} , t _{cl} : 교축방향 철근의 피복두께	mm	50 , 50

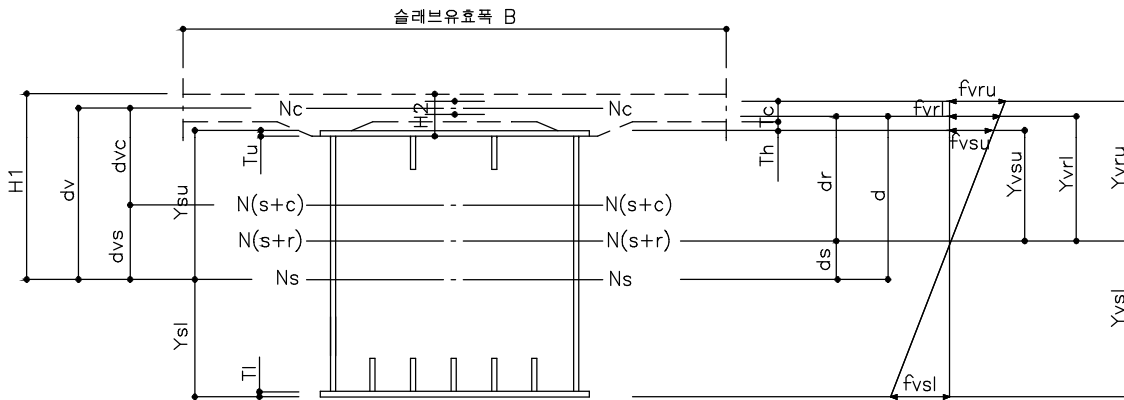
< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 콘크리트바닥판자중
합성후 고정하중 : 방호벽 + PAVEMENT자중

단 면 제 원

단 면	B(mm)	H(mm)	A(mm ²)	Y(mm)	A*Y(mm ³)	A*Y2(mm ⁴)	Ix(mm ⁴)
1 - UPPER FLANGE	2394.0	32.0	76608	1216.00	93155328	113276878848	6537216
3 - UPPER RIB	14.0	150.0	6300	1125.00	7087500	7973437500	11812500
1 - L_WEB	14.0	2400.0	33600	0.00	0	0	16128000000
1 - R_WEB	14.0	2400.0	33600	0.00	0	0	16128000000
5 - LOWER RIB	14.0	150.0	10500	-1125.00	-11812500	13289062500	19687500
1 - LOWER FLANGE	2394.0	34.0	81396	-1217.00	-99058932	120554720244	7841148
강단면 합계			242004		-10628604	255094099092	32301878364
UPPER RE-BAR	-	-	4269.90	1450.00	6191355	8977464750	-
LOWER RE-BAR	-	-	6255.90	1300.00	8132670	10572471000	-
RE-BAR 합계			10526		14324025	19549935750	-
1 - RC SLAB	4542.0	250.0	1135500	1375.00	1561312500	2146804687500	5914062500

* $A_s = 242004 \text{ mm}^2$, $A_c = 1135500 \text{ mm}^2$, $A_r = 10526 \text{ mm}^2$

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

$$I_s' = A_s \cdot Y^2 + \sum I_s = 255094099092 + 32301878364 = 287395977456 \text{ mm}^4$$

$$\delta s = \sum (A \cdot Y) / A_s = -10628604 / 242004 = -43.919 \text{ mm}$$

$$I_s = I_s' - A_s \cdot \delta s^2 = 287395977456 - 242004 \times (-43.919)^2 = 286929178465 \text{ mm}^4$$

$$Y_{su} = H/2 + T_u - \delta s = 2400.0 / 2 + 32.0 - (-43.919) = 1275.919 \text{ mm}$$

$$Y_{sl} = Y_{su} - (H + T_u + T_l) = 1275.919 - 2466.000 = -1190.081 \text{ mm}$$

$$F = b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + Tu/2 + Tl/2) = 6116562.0 \text{ mm}^2$$

$$f_{su} = M_s \cdot Y_{su} / I_s = -77.601 \text{ MPa}$$

$$f_{sl} = M_s \cdot Y_{sl} / I_s = 72.380 \text{ MPa}$$

$$u = S_s / A(\text{Web}) + M_{st} / (2 \cdot F \cdot Tw) = 24.617 \text{ MPa}$$

(2) 합 성 후

$$\begin{aligned}A_v &= A_s + A_r = 252530 \text{ mm}^2 \\d &= Y_{su} - T_u + T_h + t_{cl} + (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \cdot A_{ru}/A_r = 1404.768 \text{ mm} \\d_r &= d \cdot A_s / (A_s + A_r) = 1346.215 \text{ mm} \\d_s &= d - d_r = 58.553 \text{ mm} \\Y_{vru} &= d_r + (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \cdot A_{rl}/A_r = 1435.366 \text{ mm} \\Y_{vrl} &= d_r - (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \cdot A_{ru}/A_r = 1285.366 \text{ mm} \\Y_{vsu} &= Y_{vrl} - t_{cl} - T_h + T_u = 1217.366 \text{ mm} \\Y_{vsl} &= Y_{vsu} - (H + T_u + T_l) = -1248.634 \text{ mm} \\I_{rv} &= I_s + A_s \cdot d_s^2 + A_r \cdot d_r^2 = 306834736038 \text{ mm}^4 \\F_v &= b \cdot h_v = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + T_w) \cdot (H + (T_u + T_c/n)/2 + T_l/2) = 6155843.3 \text{ mm}^2 \\f_{vru} &= M_{sc} \cdot Y_{vru}/I_{rv} = -18.452 \text{ MPa} \\f_{vrl} &= M_{sc} \cdot Y_{vrl}/I_{rv} = -16.524 \text{ MPa} \\f_{vsu} &= M_{sc} \cdot Y_{vsu}/I_{rv} = -15.650 \text{ MPa} \\f_{vsl} &= M_{sc} \cdot Y_{vsl}/I_{rv} = 16.052 \text{ MPa} \\u &= S_{sc} / A(\text{Web}) + M_{sct} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 5.505 \text{ MPa}\end{aligned}$$

(3) 활 하 중

$$\begin{aligned}f_{vru} &= M_v \cdot Y_{vru}/I_{rv} = -28.351 \text{ MPa} \\f_{vrl} &= M_v \cdot Y_{vrl}/I_{rv} = -25.388 \text{ MPa} \\f_{vsu} &= M_v \cdot Y_{vsu}/I_{rv} = -24.045 \text{ MPa} \\f_{vsl} &= M_v \cdot Y_{vsl}/I_{rv} = 24.663 \text{ MPa} \\u &= S_v / A(\text{Web}) + M_{vt} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 16.453 \text{ MPa}\end{aligned}$$

(4) 크 리 이 프

$$\begin{aligned}A_{vc} &= A_s + A_c/n = 383941.500 \text{ mm}^2 \\d_v &= Y_{su} - T_u + T_h + T_c/2 = 1418.919 \text{ mm} \\d_{vc} &= d_v \cdot A_s / (A_c/n + A_s) = 894.366 \text{ mm} \\d_{vs} &= d_v - d_{vc} = 524.553 \text{ mm} \\n_1 &= n \cdot (1 + \phi_1 / 2) = 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16 \\A_{v1} &= A_s + A_c/n_1 = 312972.750 \text{ mm}^2 \quad \# \text{ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려} \\d_{c1} &= d_v \cdot A_s / (A_c/n_1 + A_s) = 1097.169 \text{ mm} \quad K = -0.554 \\d_{s1} &= d_v - d_{c1} = 321.750 \text{ mm} \\I_{cv} &= I_s + I_c/n + A_s \cdot d_{vs}^2 + A_c/n \cdot d_{vc}^2 = 467791748166.7 \text{ mm}^4 \\N_c &= M_{sc} \cdot d_{vc} \cdot A_c/(n \cdot I_{cv}) = -1070411 \text{ N} \\P\phi &= N_c \cdot 2 \cdot \phi_1 / (2 + \phi_1) = -1070411 \text{ N} \\M\phi &= P\phi \cdot d_{c1} = -1174422180 \text{ N} \cdot \text{mm} \\E_{c1} &= E_c / (1 + \phi_1 / 2) = 13351 \text{ MPa} \\f_{vru1} &= P\phi / A_v + k \cdot M\phi \cdot Y_{vru}/I_{rv} = -1.195 \text{ MPa} \\f_{vrl1} &= P\phi / A_v + k \cdot M\phi \cdot Y_{vrl}/I_{rv} = -1.513 \text{ MPa} \\f_{vsu1} &= P\phi / A_v + k \cdot M\phi \cdot Y_{vsu} / I_{rv} = -1.657 \text{ MPa} \\f_{vsl1} &= P\phi / A_v + k \cdot M\phi \cdot Y_{vsl} / I_{rv} = -6.886 \text{ MPa}\end{aligned}$$

(5) 건 조 수 축

$$n2 = n \cdot (1 + \phi^2 / 2) = 8 \times (1 + 4.0 / 2) = 24$$

$$Av2 = As + Ac/n2 = 289316.500 \text{ mm}^2$$

$$dc2 = dv \cdot As / (Ac/n2 + As) = 1186.880 \text{ mm}$$

$$ds2 = dv - dc2 = 232.039 \text{ mm}$$

$$P2 = Es \cdot \epsilon_s \cdot Ac/n2 = 1788413 \text{ N}$$

$$Mv2 = P2 \cdot dc2 = 2122631872 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$fvru2 = P2/Av + K \cdot Mv2 \cdot Yvru/lrv = 1.581 \text{ MPa}$$

$$fvrl2 = P2/Av + K \cdot Mv2 \cdot Yvrl/lrv = 2.156 \text{ MPa}$$

$$fvsu2 = P2/Av + K \cdot Mv2 \cdot Yvsu/lrv = 2.416 \text{ MPa}$$

$$fvsl2 = P2/Av + K \cdot Mv2 \cdot Yvsl/lrv = 11.867 \text{ MPa}$$

(6) 온 도 차

$$\epsilon_t = \alpha \cdot t = 0.000012 \times 10 = 0.00012$$

$$P1 = Es \cdot \epsilon_t \cdot Ac/n = 3576825 \text{ N}$$

$$Mvt = P1 \cdot dvc = 3198989554 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$Ert = Es \cdot \epsilon_t = 25.200 \text{ MPa}$$

$$frut = P1/Av + K \cdot Mvt \cdot Yvru/lrv - Es \cdot \epsilon_t = -19.327 \text{ MPa}$$

$$frlt = P1/Av + K \cdot Mvt \cdot Yvrl/lrv - Es \cdot \epsilon_t = -18.460 \text{ MPa}$$

$$fsut = P1/Av + K \cdot Mvt \cdot Yvsu/lrv = 7.133 \text{ MPa}$$

$$fslt = P1/Av + K \cdot Mvt \cdot Yvsl/lrv = 21.376 \text{ MPa}$$

(7) 전 단 및 비틀림

$$u = (Ss+Ssc+Sv)/Aw + (Mst/(2 F Tw)+(Msct+Mvt)/(2 Fv Tw)) = 46.575 \text{ MPa} < u_a = 110 \text{ MPa} \quad 0.K!!!$$

(8) 조합응력의 검토 (도.설 3.4.2.1)

$$i = 0.65(\phi/n)^2 + 0.13(\phi/n) + 1.0$$

$$= 0.650 \times (0.0 / 6)^2 + 0.130 \times (0.0 / 6) + 1.0 = 1.000$$

$$\therefore \phi = (f_1 - f_2) / f_1 \approx 0$$

여기서, n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

i : 응력구배계수 ϕ : 응력구배

f_1, f_2 : 보강된 판의 양면의 응력

(단, $f_1 \geq f_2$ 이며 압축응력을 정(+)으로 한다.)

* 인장 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

$$fta = 190.0 \text{ MPa}$$

* 압축 (하부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

$$t_l \geq \frac{b}{24 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{24 \times 1.000 \times 6} = 17.361 \text{ mm}$$

인 경우 : $f_{ca} = 190.0 \text{ MPa}$

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > t_l \geq \frac{b}{49 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{49 \times 1.000 \times 6} = 8.503 \text{ mm}$$

인 경우 : $f_{ca} = 190 - 3.9 (b / (t_l \cdot i \cdot n) - 24) = 235.806$

$$\frac{b}{49 \cdot i \cdot n} > t_l \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{80 \times 1.000 \times 6} = 5.208 \text{ mm}$$

인 경우 : $f_{ca} = 220000 \times \{ (t_l \cdot i \cdot n) / b \} = 1464.883 \text{ MPa}$

사용 $t_l = 34.0 \text{ mm}$

따라서, $f_{ca} = 190.000 \text{ MPa}$

* RE-BAR의 허용응력 (도.설 2.2.2.4, 3.6.1.7)

$f_{ta} = 160.000 \text{ MPa}$ $f_{ca} = 180.000 \text{ MPa}$ (SD400 사용)

하중조합	RE-BAR			STEEL			
	작용응력 (MPa)		허용응력	작용응력 (MPa)		허용응력 (MPa)	
	상 연	하 연	(MPa)	상 연	하 연	상 연	하 연
1			160.000	-77.601	72.380	190.000	190.000
1+2+3	-46.803	-41.912	160.000	-117.295	113.094	190.000	190.000
1+2+3+4	-47.998	-43.425	160.000	-118.953	106.208	190.000	190.000
1+2+3+4+5	-46.417	-41.269	160.000	-116.536	118.075	190.000	190.000
1+2+3+4+5+6	-65.744	-59.729	184.000	-109.404	139.451	218.500	218.500
1+2+3+4+5-6	-27.091	-22.809	184.000	-123.669	96.699	218.500	218.500

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

허용응력의 할증 (도.설 3.9.3.1 참조)

(9) 합성응력의 검토 (도.설 3.8.2.4)

(상 연)

$$\begin{aligned} \left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 &= \left(\frac{-118.953}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{46.575}{110.000} \right)^2 \\ &= 0.392 + 0.179 = 0.571 < 1.2 \quad \mathbf{O.K!!!} \end{aligned}$$

(하 연)

$$\begin{aligned} \left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 &= \left(\frac{139.451}{218.500} \right)^2 + \left(\frac{46.575}{110.000} \right)^2 \\ &= 0.407 + 0.179 = 0.587 < 1.2 \quad \mathbf{O.K!!!} \end{aligned}$$

(10) 판의 최소두께 검토

인장(상부)플랜지 (☞ 도.설.기 3.8.3.1)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 32 \text{ mm} \quad \mathbf{0.K!!!}$$

$$t_{min} = 10 \text{ mm} \leq t = 34 \text{ mm} \quad \mathbf{0.K.} \quad (\text{합성형 스테드 설치})$$

압축(하부)플랜지 (☞ 도.설.기 3.4.2.2, 3.4.2.3 및 3.9.6)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 34 \text{ mm} \quad \mathbf{0.K!!!}$$

$$t_{min} = b / (49 \cdot i \cdot n) = 2500 / (49 \times 1.00 \times 6) = 8.5 \text{ mm} \leq t = 34 \text{ mm} \quad \mathbf{0.K!!!}$$

복부판 수평보강재 사용단수 1 단 (☞ 도.설.기 3.8.4)

$$\text{합성전 } t_{min} = b / (219 \times 1.200) = 9.1 \text{ mm} \leq t = 14 \text{ mm} \quad \mathbf{0.K!!!}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190.0 / 72.380)} = 1.620 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

$$\text{합성후 } t_{min} = b / (219 \times 1.167) = 9.4 \text{ mm} \leq t = 14 \text{ mm} \quad \mathbf{0.K!!!}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190.0 / 139.451)} = 1.167 < 1.2 \Rightarrow 1.167$$

(11) 항복에 대한 안전도 검사 (☞ 도.설.해(2003) 3.9.3.2)

$\Sigma f = 1.3 \times (\text{합성전 사하중 응력} + \text{합성후 사하중}) + 2.15 \times \text{활하중에 의한 응력(충격포함)}$
+ (크리프응력 변화량) + (건조수축응력변화량) + (온도차응력변화량) 의 조합 중에서
가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토

① 상부바닥판 REBAR

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_{rv} \times Y_{vru} = -18.452 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -46.803 - 18.452 = -28.351 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times -18.452 + 2.15 \times -28.351 + (-1.195) + (1.581) + (-19.327) \\ = -103.883 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad \mathbf{0.K!!!} \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times -18.452 + 2.15 \times -28.351 + (-19.327) \\ = -104.269 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad \mathbf{0.K!!!} \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

② 강재주형 상판

$$\text{합성전 사하중 응력} = -77.601 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_{rv} \times Y_{vsu} = -15.650 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -117.295 - 77.601 - 15.65 = -24.045 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-77.601 + -15.65) + 2.15 \times -24.045 + (-1.657) + (2.416) + (-7.133) \\ = -179.295 \text{ MPa} < f_y = 315.0 \text{ MPa} \quad \mathbf{0.K!!} \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-77.601 + -15.65) + 2.15 \times -24.045 + (-7.133) \\ = -180.054 \text{ MPa} < f_y = 315.0 \text{ MPa} \quad \mathbf{0.K!!} \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

③ 강재주형 하판

$$\text{합성전 사하중 응력} = 72.380 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_{rv} \times Y_{vsl} = 16.052 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 113.094 - 72.38 - 16.052 = 24.662 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (72.38 + 16.052) + 2.15 \times 24.662 + (-6.886) + (11.867) + (21.376) \\ = 194.342 \text{ MPa} < f_y = 315.0 \text{ MPa} \quad \mathbf{0.K!!!} \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

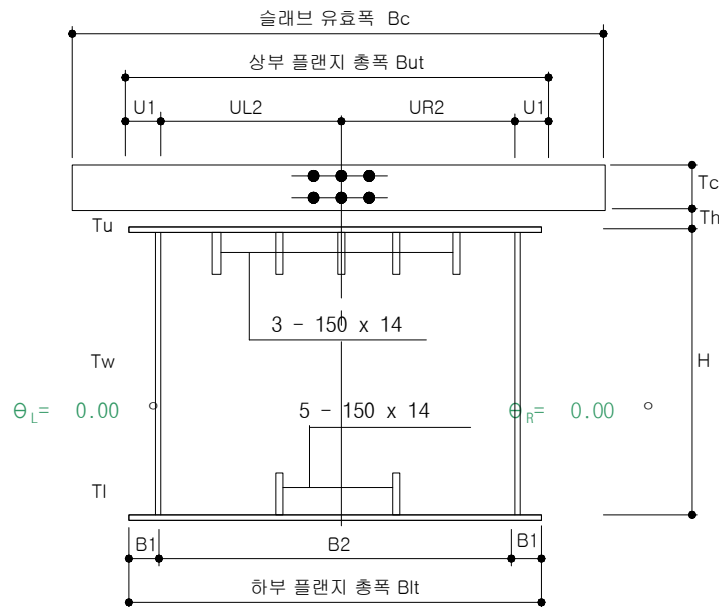
$$\Sigma f = 1.3 \times (72.38 + 16.052) + 2.15 \times 24.662 + (21.376) \\ = 189.361 \text{ MPa} < f_y = 315.0 \text{ MPa} \quad \mathbf{0.K!!!} \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

- 항복에 대한 안전도 검사 결과 집계

구분		작용응력	항복응력	검토결과	
바닥판 콘크리트	크리프, 건조수축 포함시	-103.883	400.000	0.K!!!	3.85
	크리프, 건조수축제외시	-104.269	400.000	0.K!!!	3.83
상부플랜지	크리프, 건조수축 포함시	-179.295	315.000	0.K!!!	1.75
	크리프, 건조수축제외시	-180.054	315.000	0.K!!!	1.74
하부플랜지	크리프, 건조수축 포함시	194.342	315.000	0.K!!!	1.62
	크리프, 건조수축제외시	189.361	315.000	0.K!!!	1.66

5-8. 1경간 최대 부모멘트 단면검토(G2)

1) 단면가정 및 설계조건



주부재사용강종 = SM490

H = 2.400 m

Bc = 5.528 m

UL2= 1.250 , UR2= 1.250 m

B2 = 2.500 m

But= 2.700 , BIt= 2.700 m

상하 플랜지 유효폭

Bue= 2.394 , Ble= 2.394 m

Tc = 0.250 m

Th = 0.050 m

Tu = 0.032 m

TI = 0.034 m

Tw = 0.014 m

U1 = 0.100 m

B1 = 0.100 m

RIB 150 x 14 mm , 150 x 14 mm

구 분	단 위	입력 DATA
Es : 강역 탄성계수	MPa	210000
Ec : 콘크리트의 탄성계수	MPa	26702
εs : 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 최종수축율		0.00018
α : 강재 및 콘크리트의 선팅창계수		0.000012
φ2: 건조수축에 의한 크리이프계수		4
n : 강과 콘크리트의 탄성계수비		8
t : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10
Ms : 합성전 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	-18066.673
Msc : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	-4244.768
Mv : (활하중 + 지점침하)에 의한 모멘트	kN · m	-5303.131
Ss : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	-1729.490
Ssc : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	-385.969
Sv : (활하중 + 지점침하)에 의한 전단력	kN	-936.161
Mst : 합성전 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	0.000
Msc : 합성후 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-32.712
Mvt : (활하중 + 지점침하)에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-702.577
t _{cu} , t _{cl} : 교축방향 철근의 피복두께	mm	50 , 50

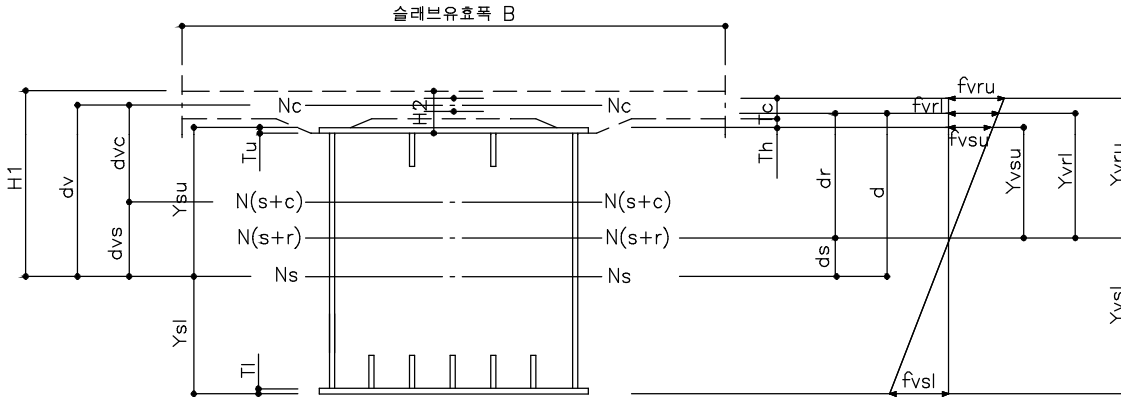
< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 콘크리트바닥판자중
합성후 고정하중 : 방호벽 + PAVEMENT자중

단 면 제 원

단 면	B(mm)	H(mm)	A(mm ²)	Y(mm)	A*Y(mm ³)	A*Y2(mm ⁴)	Ix(mm ⁴)
- UPPER FLANGE	2394.0	32.0	76608	1216.00	93155328	113276878848	6537216
- UPPER RIB	14.0	150.0	6300	1125.00	7087500	7973437500	11812500
- L_WEB	14.0	2400.0	33600	0.00	0	0	16128000000
- R_WEB	14.0	2400.0	33600	0.00	0	0	16128000000
- LOWER RIB	14.0	150.0	10500	-1125.00	-11812500	13289062500	19687500
- LOWER FLANGE	2394.0	34.0	81396	-1217.00	-99058932	120554720244	7841148
강단면 합계			242004		-10628604	255094099092	32301878364
UPPER RE-BAR	-	-	3773.40	1450.00	5471430	7933573500	-
LOWER RE-BAR	-	-	6752.40	1300.00	8778120	11411556000	-
RE-BAR 합계			10526		14249550	19345129500	-
- RC SLAB	5528.0	250.0	1382000	1375.00	1900250000	2612843750000	7197916667

$$* A_s = 242004 \text{ mm}^2, A_c = 1382000 \text{ mm}^2, A_r = 10526 \text{ mm}^2$$

2) 응력 검토



(1) 합 성 전

$$|s'| = A_s \cdot Y_2 + \sum |s| = 255094099092 + 32301878364 = 287395977456 \text{ mm}^4$$

$$\delta s = \sum(A \cdot Y) / A_s = -10628604 / 242004 = -43.919 \text{ mm}$$

$$I_s = I_{s'} - A_s \cdot \delta s^2 = 287395977456 - 242004 \times -43.919^2 = 286929178465 \text{ mm}^4$$

$$Y_{su} = H/2 + T_u - \delta_s = 2400.0 / 2 + 32.0 - -43.919 = 1275.919 \text{ mm}$$

$$Y_{sl} = Y_{su} - (H + T_u + T_l) = 1275.919 - 2466.000 = -1190.081 \text{ mm}$$

$$F = b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + Tu/2 + TI/2) = 6116562.0 \text{ mm}^2$$

$$f_{su} = M_s \cdot Y_{su} / I_s = -80.339 \text{ MPa}$$

$$f_{sl} = M_s \cdot Y_{sl} / I_s = 74.934 \text{ MPa}$$

$$u = S_s / A(\text{Web}) + M_{st} / (2 \cdot F \cdot T_w) = 25.736 \text{ MPa}$$

(2) 합 성 후

$$\begin{aligned}A_v &= A_s + A_r = 252530 \text{ mm}^2 \\d &= Y_{su} - T_u + T_h + t_{cl} + (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \cdot A_{ru}/A_r = 1397.693 \text{ mm} \\d_r &= d \cdot A_s / (A_s + A_r) = 1339.435 \text{ mm} \\d_s &= d - d_r = 58.258 \text{ mm} \\Y_{vru} &= d_r + (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \cdot A_{rl}/A_r = 1435.661 \text{ mm} \\Y_{vrl} &= d_r - (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \cdot A_{ru}/A_r = 1285.661 \text{ mm} \\Y_{vsu} &= Y_{vrl} - t_{cl} - T_h + T_u = 1217.661 \text{ mm} \\Y_{vsl} &= Y_{vsu} - (H + T_u + T_l) = -1248.339 \text{ mm} \\I_{rv} &= I_s + A_s \cdot d_s^2 + A_r \cdot d_r^2 = 306634722228 \text{ mm}^4 \\F_v &= b \cdot h_v = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + T_w) \cdot (H + (T_u + T_c/n)/2 + T_l/2) = 6155843.3 \text{ mm}^2 \\f_{vru} &= M_{sc} \cdot Y_{vru}/I_{rv} = -19.874 \text{ MPa} \\f_{vrl} &= M_{sc} \cdot Y_{vrl}/I_{rv} = -17.798 \text{ MPa} \\f_{vsu} &= M_{sc} \cdot Y_{vsu}/I_{rv} = -16.856 \text{ MPa} \\f_{vsl} &= M_{sc} \cdot Y_{vsl}/I_{rv} = 17.281 \text{ MPa} \\u &= S_{sc} / A(\text{Web}) + M_{sct} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 5.933 \text{ MPa}\end{aligned}$$

(3) 활 하 중

$$\begin{aligned}f_{vru} &= M_v \cdot Y_{vru}/I_{rv} = -24.829 \text{ MPa} \\f_{vrl} &= M_v \cdot Y_{vrl}/I_{rv} = -22.235 \text{ MPa} \\f_{vsu} &= M_v \cdot Y_{vsu}/I_{rv} = -21.059 \text{ MPa} \\f_{vsl} &= M_v \cdot Y_{vsl}/I_{rv} = 21.590 \text{ MPa} \\u &= S_v / A(\text{Web}) + M_{vt} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 18.007 \text{ MPa}\end{aligned}$$

(4) 크 리 이 프

$$\begin{aligned}A_{vc} &= A_s + A_c/n = 414754.000 \text{ mm}^2 \\d_v &= Y_{su} - T_u + T_h + T_c/2 = 1418.919 \text{ mm} \\d_{vc} &= d_v \cdot A_s / (A_c/n + A_s) = 827.922 \text{ mm} \\d_{vs} &= d_v - d_{vc} = 590.997 \text{ mm} \\n_1 &= n \cdot (1 + \phi_1 / 2) = 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16 \\A_{v1} &= A_s + A_c/n_1 = 328379.000 \text{ mm}^2 \quad \# \text{ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려} \\d_{c1} &= d_v \cdot A_s / (A_c/n_1 + A_s) = 1045.694 \text{ mm} \quad K = -0.564 \\d_{s1} &= d_v - d_{c1} = 373.225 \text{ mm} \\I_{cv} &= I_s + I_c/n + A_s \cdot d_{vs}^2 + A_c/n \cdot d_{vc}^2 = 490767818150.2 \text{ mm}^4 \\N_c &= M_{sc} \cdot d_{vc} \cdot A_c/(n \cdot I_{cv}) = -1237045 \text{ N} \\P\phi &= N_c \cdot 2 \cdot \phi_1 / (2 + \phi_1) = -1237045 \text{ N} \\M\phi &= P\phi \cdot d_{c1} = -1293571245 \text{ N} \cdot \text{mm} \\E_{c1} &= E_c / (1 + \phi_1 / 2) = 13351 \text{ MPa} \\f_{vru1} &= P\phi / A_v + k \cdot M\phi \cdot Y_{vru}/I_{rv} = -1.483 \text{ MPa} \\f_{vrl1} &= P\phi / A_v + k \cdot M\phi \cdot Y_{vrl}/I_{rv} = -1.840 \text{ MPa} \\f_{vsu1} &= P\phi / A_v + k \cdot M\phi \cdot Y_{vsu} / I_{rv} = -2.001 \text{ MPa} \\f_{vsl1} &= P\phi / A_v + k \cdot M\phi \cdot Y_{vsl} / I_{rv} = -7.869 \text{ MPa}\end{aligned}$$

(5) 건 조 수 축

$$n2 = n \cdot (1 + \phi^2 / 2) = 8 \times (1 + 4.0 / 2) = 24$$

$$Av2 = As + Ac/n2 = 299587.333 \text{ mm}^2$$

$$dc2 = dv \cdot As / (Ac/n2 + As) = 1146.190 \text{ mm}$$

$$ds2 = dv - dc2 = 272.729 \text{ mm}$$

$$P2 = Es \cdot \epsilon_s \cdot Ac/n2 = 2176650 \text{ N}$$

$$Mv2 = P2 \cdot dc2 = 2494855178 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$fvru2 = P2/Av + K \cdot Mv2 \cdot Yvru/lrv = 2.031 \text{ MPa}$$

$$fvrl2 = P2/Av + K \cdot Mv2 \cdot Yvrl/lrv = 2.720 \text{ MPa}$$

$$fvsu2 = P2/Av + K \cdot Mv2 \cdot Yvsu/lrv = 3.032 \text{ MPa}$$

$$fvsl2 = P2/Av + K \cdot Mv2 \cdot Yvsl/lrv = 14.348 \text{ MPa}$$

(6) 온 도 차

$$\epsilon_t = \alpha \cdot t = 0.000012 \times 10 = 0.00012$$

$$P1 = Es \cdot \epsilon_t \cdot Ac/n = 4353300 \text{ N}$$

$$Mvt = P1 \cdot dvc = 3604194342 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$Ert = Es \cdot \epsilon_t = 25.200 \text{ MPa}$$

$$frut = P1/Av + K \cdot Mvt \cdot Yvru/lrv - Es \cdot \epsilon_t = -17.479 \text{ MPa}$$

$$frlt = P1/Av + K \cdot Mvt \cdot Yvrl/lrv - Es \cdot \epsilon_t = -16.484 \text{ MPa}$$

$$fsut = P1/Av + K \cdot Mvt \cdot Yvsu/lrv = 9.167 \text{ MPa}$$

$$fslt = P1/Av + K \cdot Mvt \cdot Yvsl/lrv = 25.514 \text{ MPa}$$

(7) 전 단 및 비틀림

$$u = (Ss+Ssc+Sv)/Aw + (Mst/(2 F Tw)+(Msct+Mvt)/(2 Fv Tw)) = 49.677 \text{ MPa} < u_a = 110 \text{ MPa} \quad 0.K!!!$$

(8) 조합응력의 검토 (도.설 3.4.2.1)

$$i = 0.65(\phi/n)^2 + 0.13(\phi/n) + 1.0$$

$$= 0.650 \times (0.0 / 6)^2 + 0.130 \times (0.0 / 6) + 1.0 = 1.000$$

$$\therefore \phi = (f_1 - f_2) / f_1 \approx 0$$

여기서, n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

i : 응력구배계수 ϕ : 응력구배

f_1, f_2 : 보강된 판의 양면의 응력

(단, $f_1 \geq f_2$ 이며 압축응력을 정(+)으로 한다.)

* 인장 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

$$fta = 190.0 \text{ MPa}$$

* 압축 (하부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

$$t_l \geq \frac{b}{24 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{24 \times 1.000 \times 6} = 17.361 \text{ mm}$$

인 경우 : $f_{ca} = 190.0 \text{ MPa}$

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > t_l \geq \frac{b}{49 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{49 \times 1.000 \times 6} = 8.503 \text{ mm}$$

인 경우 : $f_{ca} = 190 - 3.9 (b / (t_l \cdot i \cdot n) - 24) = 235.806$

$$\frac{b}{49 \cdot i \cdot n} > t_l \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{80 \times 1.000 \times 6} = 5.208 \text{ mm}$$

인 경우 : $f_{ca} = 220000 \times \{ (t_l \cdot i \cdot n) / b \} = 1464.883 \text{ MPa}$

사용 $t_l = 34.0 \text{ mm}$

따라서, $f_{ca} = 190.000 \text{ MPa}$

* RE-BAR의 허용응력 (도.설 2.2.2.4, 3.6.1.7)

$f_{ta} = 160.000 \text{ MPa}$ $f_{ca} = 180.000 \text{ MPa}$ (SD400 사용)

하중조합	RE-BAR			STEEL			
	작용응력 (MPa)		허용응력	작용응력 (MPa)		허용응력 (MPa)	
	상 연	하 연	(MPa)	상 연	하 연	상 연	하 연
1			160.000	-80.339	74.934	190.000	190.000
1+2+3	-44.703	-40.033	160.000	-118.254	113.805	190.000	190.000
1+2+3+4	-46.186	-41.872	160.000	-120.256	105.936	190.000	190.000
1+2+3+4+5	-44.155	-39.152	160.000	-117.224	120.284	190.000	190.000
1+2+3+4+5+6	-61.633	-55.637	184.000	-108.057	145.798	218.500	218.500
1+2+3+4+5-6	-26.676	-22.668	184.000	-126.390	94.769	218.500	218.500

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

허용응력의 할증 (도.설 3.9.3.1 참조)

(9) 합성응력의 검토 (도.설 3.8.2.4)

(상 연)

$$\begin{aligned} \left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 &= \left(\frac{-120.256}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{49.677}{110.000} \right)^2 \\ &= 0.401 + 0.204 = 0.605 < 1.2 \quad \mathbf{O.K!!!} \end{aligned}$$

(하 연)

$$\begin{aligned} \left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 &= \left(\frac{145.798}{218.500} \right)^2 + \left(\frac{49.677}{110.000} \right)^2 \\ &= 0.445 + 0.204 = 0.649 < 1.2 \quad \mathbf{O.K!!!} \end{aligned}$$

(10) 판의 최소두께 검토

인장(상부)플랜지 (도.설.기 3.8.3.1)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 32 \text{ mm} \quad \mathbf{0.K!!!}$$

$$t_{min} = 10 \text{ mm} \leq t = 34 \text{ mm} \quad \mathbf{0.K.} \quad (\text{합성형 스테드 설치})$$

압축(하부)플랜지 (도.설.기 3.4.2.2, 3.4.2.3 및 3.9.6)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 34 \text{ mm} \quad \mathbf{0.K!!!}$$

$$t_{min} = b / (49 \cdot i \cdot n) = 2500 / (49 \times 1.00 \times 6) = 8.5 \text{ mm} \leq t = 34 \text{ mm} \quad \mathbf{0.K!!!}$$

복부판 수평보강재 사용단수 1 단 (도.설.기 3.8.4)

$$\text{합성전 } t_{min} = b / (219 \times 1.200) = 9.1 \text{ mm} \leq t = 14 \text{ mm} \quad \mathbf{0.K!!!}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190.0 / 74.934)} = 1.592 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

$$\text{합성후 } t_{min} = b / (219 \times 1.142) = 9.6 \text{ mm} \leq t = 14 \text{ mm} \quad \mathbf{0.K!!!}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190.0 / 145.798)} = 1.142 < 1.2 \Rightarrow 1.142$$

(11) 항복에 대한 안전도 검사 (도.설.해(2003) 3.9.3.2)

$\Sigma f = 1.3 \times (\text{합성전 사하중 응력} + \text{합성후 사하중}) + 2.15 \times \text{활하중에 의한 응력(충격포함)}$
+ (크리프응력 변화량) + (건조수축응력변화량) + (온도차응력변화량) 의 조합 중에서
가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토

① 상부바닥판 REBAR

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_{rv} \times Y_{vru} = -19.874 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -44.703 - 19.874 = -24.829 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times -19.874 + 2.15 \times -24.829 + (-1.483) + (2.031) + (-17.479) \\ = -96.149 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad \mathbf{0.K!!!} \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times -19.874 + 2.15 \times -24.829 + (-17.479) \\ = -96.698 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad \mathbf{0.K!!!} \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

② 강재주형 상판

$$\text{합성전 사하중 응력} = -80.339 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_{rv} \times Y_{vsu} = -16.856 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -118.254 - 80.339 - 16.856 = -21.059 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-80.339 + -16.856) + 2.15 \times -21.059 + (-2.001) + (3.032) + (-9.167) \\ = -179.767 \text{ MPa} < f_y = 315.0 \text{ MPa} \quad \mathbf{0.K!!!} \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-80.339 + -16.856) + 2.15 \times -21.059 + (-9.167) \\ = -180.797 \text{ MPa} < f_y = 315.0 \text{ MPa} \quad \mathbf{0.K!!!} \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

③ 강재주형 하판

$$\text{합성전 사하중 응력} = 74.934 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_{rv} \times Y_{vsl} = 17.281 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 113.805 - 74.934 - 17.281 = 21.590 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (74.934 + 17.281) + 2.15 \times 21.59 + (-7.869) + (14.348) + (25.514) \\ = 198.291 \text{ MPa} < f_y = 315.0 \text{ MPa} \quad \mathbf{0.K!!!} \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

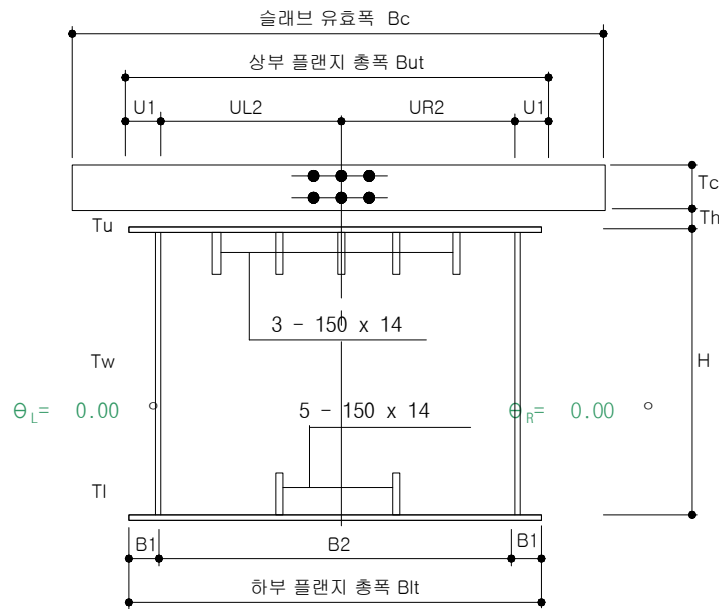
$$\Sigma f = 1.3 \times (74.934 + 17.281) + 2.15 \times 21.59 + (25.514) \\ = 191.812 \text{ MPa} < f_y = 315.0 \text{ MPa} \quad \mathbf{0.K!!!} \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

- 항복에 대한 안전도 검사 결과 집계

구분		작용응력	항복응력	검토결과	
바닥판 콘크리트	크리프, 건조수축 포함시	-96.149	400.000	0.K!!!	4.16
	크리프, 건조수축제외시	-96.698	400.000	0.K!!!	4.13
상부플랜지	크리프, 건조수축 포함시	-179.767	315.000	0.K!!!	1.75
	크리프, 건조수축제외시	-180.797	315.000	0.K!!!	1.74
하부플랜지	크리프, 건조수축 포함시	198.291	315.000	0.K!!!	1.58
	크리프, 건조수축제외시	191.812	315.000	0.K!!!	1.64

5-9. 1경간 최대 부모멘트 단면검토(G3)

1) 단면가정 및 설계조건



주부재사용강종 = SM490

H = 2.400 m

Bc = 4.542 m

UL2= 1.250 , UR2= 1.250 m

B2 = 2.500 m

But= 2.700 , Blt= 2.700 m

상하 플랜지 유효폭

Bue= 2.394 , Ble= 2.394 m

Tc = 0.250 m

Th = 0.050 m

Tu = 0.032 m

Tl = 0.034 m

Tw = 0.014 m

U1 = 0.100 m

B1 = 0.100 m

RIB 150 x 14 mm , 150 x 14 mm

구 분	단 위	입력 DATA
Es : 강의 탄성계수	MPa	210000
Ec : 콘크리트의 탄성계수	MPa	26702
εs: 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 최종수축율		0.00018
α : 강재 및 콘크리트의 선팅창계수		0.000012
φ 2: 건조수축에 의한 크리이프계수		4
n : 강과 콘크리트의 탄성계수비		8
t : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10
Ms : 합성전 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	-17450.848
Msc : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	-4693.571
Mv : (활하중 + 지점침하)에 의한 모멘트	kN · m	-4714.198
Ss : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	-1649.780
Ssc : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	-452.020
Sv : (활하중 + 지점침하)에 의한 전단력	kN	-670.976
Mst : 합성전 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-11.370
Mscst : 합성후 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-25.561
Mvt : (활하중 + 지점침하)에 의한 비틀림모멘트	kN · m	-702.577
t _{cu} , t _{cl} : 교축방향 철근의 피복두께	mm	50 , 50

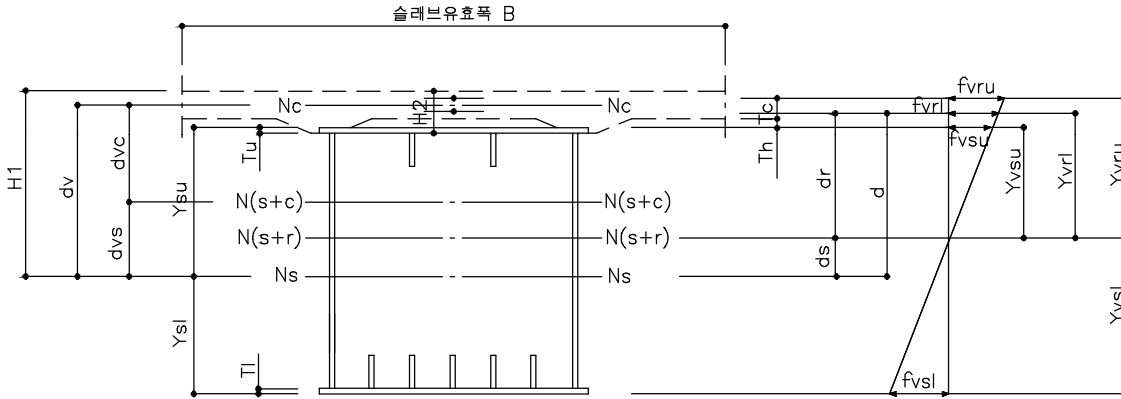
< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 콘크리트바닥판자중
합성후 고정하중 : 방호벽 + PAVEMENT자중

단면제원

단 면	B(mm)	H(mm)	A(mm ²)	Y(mm)	A*Y(mm ³)	A*Y2(mm ⁴)	Ix(mm ⁴)
1 - UPPER FLANGE	2394.0	32.0	76608	1216.00	93155328	113276878848	6537216
3 - UPPER RIB	14.0	150.0	6300	1125.00	7087500	7973437500	11812500
1 - L_WEB	14.0	2400.0	33600	0.00	0	0	16128000000
1 - R_WEB	14.0	2400.0	33600	0.00	0	0	16128000000
5 - LOWER RIB	14.0	150.0	10500	-1125.00	-11812500	13289062500	19687500
1 - LOWER FLANGE	2394.0	34.0	81396	-1217.00	-99058932	120554720244	7841148
강단면 합계			242004		-10628604	255094099092	32301878364
UPPER RE-BAR	-	-	4269.90	1450.00	6191355	8977464750	-
LOWER RE-BAR	-	-	6255.90	1300.00	8132670	10572471000	-
RE-BAR 합계			10526		14324025	19549935750	-
1 - RC SLAB	4542.0	250.0	1135500	1375.00	1561312500	2146804687500	5914062500

$$* A_s = 242004 \text{ mm}^2, A_c = 1135500 \text{ mm}^2, A_r = 10526 \text{ mm}^2$$

2) 응력 검토



(1) 합 성 전

$$|s'| = A_s \cdot Y_2 + \sum |s| = 255094099092 + 32301878364 = 287395977456 \text{ mm}^4$$

$$\delta s = \sum (A \cdot Y) / A_s = -10628604 / 242004 = -43.919 \text{ mm}$$

$$I_s = I_{s'} - A_s \cdot \delta s^2 = 287395977456 - 242004 \times -43.919^2 = 286929178465 \text{ mm}^4$$

$$Y_{su} = H/2 + T_u - \delta_s = 2400.0 / 2 + 32.0 - -43.919 = 1275.919 \text{ mm}$$

$$Y_{sl} = Y_{su} - (H + T_u + T_l) = 1275.919 - 2466.000 = -1190.081 \text{ mm}$$

$$F = b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + Tu/2 + Tl/2) = 6116562.0 \text{ mm}^2$$

$$f_{su} = M_s \cdot Y_{su} / I_s = -77.601 \text{ MPa}$$

$$f_{sl} = M_s \cdot Y_{sl} / I_s = 72.380 \text{ MPa}$$

$$u = S_s / A(\text{Web}) + M_{st} / (2 \cdot F \cdot T_w) = 24.617 \text{ MPa}$$

(2) 합 성 후

$$A_v = A_s + A_r = 252530 \text{ mm}^2$$

$$d = Y_{su} - T_u + T_h + t_{cl} + (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \cdot A_{ru}/A_r = 1404.768 \text{ mm}$$

$$dr = d \cdot A_s / (A_s + A_r) = 1346.215 \text{ mm}$$

$$ds = d - dr = 58.553 \text{ mm}$$

$$Y_{VrII} = d_r + (T_c - t_{cII} - t_{cI}) \cdot A_{rI}/A_r = 1435,366 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
Y_{vrl} &= d_r - (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \cdot A_{ru}/A_r = 1285.366 \text{ mm} \\
Y_{vsu} &= Y_{vrl} - t_{cl} - T_h + T_u = 1217.366 \text{ mm} \\
Y_{vsl} &= Y_{vsu} - (H + T_u + T_l) = -1248.634 \text{ mm} \\
I_{rv} &= I_s + A_s \cdot d_s^2 + A_r \cdot d_r^2 = 306834736038 \text{ mm}^4 \\
F_v &= b \cdot h_v = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + T_w) \cdot (H + (T_u + T_c/n)/2 + T_l/2) = 6155843.3 \text{ mm}^2 \\
f_{vru} &= M_{sc} \cdot Y_{vru}/I_{rv} = -21.956 \text{ MPa} \\
f_{vrl} &= M_{sc} \cdot Y_{vrl}/I_{rv} = -19.662 \text{ MPa} \\
f_{vsu} &= M_{sc} \cdot Y_{vsu}/I_{rv} = -18.622 \text{ MPa} \\
f_{vsl} &= M_{sc} \cdot Y_{vsl}/I_{rv} = 19.100 \text{ MPa} \\
u &= S_{sc} / A(\text{Web}) + M_{sct} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 6.875 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(3) 활 하 중

$$\begin{aligned}
f_{vru} &= M_v \cdot Y_{vru}/I_{rv} = -22.053 \text{ MPa} \\
f_{vrl} &= M_v \cdot Y_{vrl}/I_{rv} = -19.748 \text{ MPa} \\
f_{vsu} &= M_v \cdot Y_{vsu}/I_{rv} = -18.704 \text{ MPa} \\
f_{vsl} &= M_v \cdot Y_{vsl}/I_{rv} = 19.184 \text{ MPa} \\
u &= S_v / A(\text{Web}) + M_{vt} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 14.061 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

(4) 크 리 이 프

$$\begin{aligned}
A_{vc} &= A_s + A_c/n = 383941.500 \text{ mm}^2 \\
d_v &= Y_{su} - T_u + T_h + T_c/2 = 1418.919 \text{ mm} \\
d_{vc} &= d_v \cdot A_s / (A_c/n + A_s) = 894.366 \text{ mm} \\
d_{vs} &= d_v - d_{vc} = 524.553 \text{ mm} \\
n_1 &= n \cdot (1 + \phi_1 / 2) = 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16 \\
A_{v1} &= A_s + A_c/n_1 = 312972.750 \text{ mm}^2 \quad \# \text{ 2차 부정정력으로 인한 영향 고려} \\
d_{c1} &= d_v \cdot A_s / (A_c/n_1 + A_s) = 1097.169 \text{ mm} \quad K = -0.554 \\
d_{s1} &= d_v - d_{c1} = 321.750 \text{ mm} \\
I_{cv} &= I_s + I_c/n + A_s \cdot d_{vs}^2 + A_c/n \cdot d_{vc}^2 = 467791748166.7 \text{ mm}^4 \\
N_c &= M_{sc} \cdot d_{vc} \cdot A_c / (n \cdot I_{cv}) = -1273688 \text{ N} \\
P\phi &= N_c \cdot 2 \cdot \phi_1 / (2 + \phi_1) = -1273688 \text{ N} \\
M\phi &= P\phi \cdot d_{c1} = -1397451607 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
E_{c1} &= E_c / (1 + \phi_1 / 2) = 13351 \text{ MPa} \\
f_{vru1} &= P\phi / A_v + k \cdot M\phi \cdot Y_{vru}/I_{rv} = -1.422 \text{ MPa} \\
f_{vrl1} &= P\phi / A_v + k \cdot M\phi \cdot Y_{vrl}/I_{rv} = -1.801 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

$$f_{vsu1} = P \phi / A_v + k \cdot M \phi \cdot Y_{vsu} / I_{rv} = -1.972 \text{ MPa}$$

$$f_{vsl1} = P \phi / A_v + k \cdot M \phi \cdot Y_{vsl} / I_{rv} = -8.194 \text{ MPa}$$

(5) 건 조 수 축

$$n_2 = n \cdot (1 + \phi^2 / 2) = 8 \times (1 + 4.0 / 2) = 24$$

$$A_{v2} = A_s + A_c / n_2 = 289316.500 \text{ mm}^2$$

$$d_{c2} = d_v \cdot A_s / (A_c / n_2 + A_s) = 1186.880 \text{ mm}$$

$$d_{s2} = d_v - d_{c2} = 232.039 \text{ mm}$$

$$P_2 = E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_c / n_2 = 1788413 \text{ N}$$

$$M_{v2} = P_2 \cdot d_{c2} = 2122631872 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$f_{vru2} = P_2 / A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vru} / I_{rv} = 1.581 \text{ MPa}$$

$$f_{vrl2} = P_2 / A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vrl} / I_{rv} = 2.156 \text{ MPa}$$

$$f_{vsu2} = P_2 / A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vsu} / I_{rv} = 2.416 \text{ MPa}$$

$$f_{vsl2} = P_2 / A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vsl} / I_{rv} = 11.867 \text{ MPa}$$

(6) 온 도 차

$$\epsilon_t = \alpha \cdot t = 0.000012 \times 10 = 0.00012$$

$$P_1 = E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_c / n = 3576825 \text{ N}$$

$$M_{vt} = P_1 \cdot d_{vc} = 3198989554 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$E_{rt} = E_s \cdot \epsilon_t = 25.200 \text{ MPa}$$

$$f_{rut} = P_1 / A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vru} / I_{rv} - E_s \cdot \epsilon_t = -19.327 \text{ MPa}$$

$$f_{rlt} = P_1 / A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vrl} / I_{rv} - E_s \cdot \epsilon_t = -18.460 \text{ MPa}$$

$$f_{sut} = P_1 / A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsu} / I_{rv} = 7.133 \text{ MPa}$$

$$f_{slt} = P_1 / A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsl} / I_{rv} = 21.376 \text{ MPa}$$

(7) 전단 및 비틀림

$$u = (S_s + S_{sc} + S_v) / A_w + (M_{st} / (2 F T_w) + (M_{sct} + M_{vt}) / (2 F_v T_w)) = 45.552 \text{ MPa} < u_a = 110 \text{ MPa} \quad 0.K!!!$$

(8) 조합응력의 검토 (도.설 3.4.2.1)

$$i = 0.65(\phi / n)^2 + 0.13(\phi / n) + 1.0$$

$$= 0.650 \times (0.0 / 6)^2 + 0.130 \times (0.0 / 6) + 1.0 = 1.000$$

$$\therefore \phi = (f_1 - f_2) / f_1 \approx 0$$

여기서, n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

i : 응력구배계수 ϕ : 응력구배

f_1, f_2 : 보강된 판의 양면의 응력

(단, $f_1 \geq f_2$ 이며 압축응력을 정(+)으로 한다.)

* 인장 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

$$f_{ta} = 190.0 \text{ MPa}$$

* 압축 (하부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

$$t_l \geq \frac{b}{24 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{24 \times 1.000 \times 6} = 17.361 \text{ mm}$$

인 경우 : $f_{ca} = 190.0 \text{ MPa}$

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > t_l \geq \frac{b}{49 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{49 \times 1.000 \times 6} = 8.503 \text{ mm}$$

인 경우 : $f_{ca} = 190 - 3.9 (b / (t_l \cdot i \cdot n) - 24) = 235.806$

$$\frac{b}{49 \cdot i \cdot n} > t_l \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2500}{80 \times 1.000 \times 6} = 5.208 \text{ mm}$$

인 경우 : $f_{ca} = 220000 \times \{ (t_l \cdot i \cdot n) / b \} = 1464.883 \text{ MPa}$

사용 $t_l = 34.0 \text{ mm}$

따라서, $f_{ca} = 190.000 \text{ MPa}$

* RE-BAR의 허용응력 (도.설 2.2.2.4, 3.6.1.7)

$f_{ta} = 160.000 \text{ MPa}$ $f_{ca} = 180.000 \text{ MPa}$ (SD400 사용)

하중조합	RE-BAR			STEEL			
	작용응력 (MPa)		허용응력	작용응력 (MPa)		허용응력 (MPa)	
	상 연	하 연	(MPa)	상 연	하 연	상 연	하 연
1			160.000	-77.601	72.380	190.000	190.000
1+2+3	-44.009	-39.410	160.000	-114.926	110.664	190.000	190.000
1+2+3+4	-45.431	-41.211	160.000	-116.898	102.470	190.000	190.000
1+2+3+4+5	-43.850	-39.055	160.000	-114.482	114.337	190.000	190.000
1+2+3+4+5+6	-63.177	-57.515	184.000	-107.349	135.713	218.500	218.500
1+2+3+4+5-6	-24.524	-20.595	184.000	-121.614	92.961	218.500	218.500

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

허용응력의 할증 (도.설 3.9.3.1 참조)

(9) 합성응력의 검토 (도.설 3.8.2.4)

(상 연)

$$\begin{aligned} \left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 &= \left(\frac{-116.898}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{45.552}{110.000} \right)^2 \\ &= 0.379 + 0.171 = 0.550 < 1.2 \quad \mathbf{O.K!!!} \end{aligned}$$

(하 연)

$$\begin{aligned} \left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{u}{u_a} \right)^2 &= \left(\frac{135.713}{218.500} \right)^2 + \left(\frac{45.552}{110.000} \right)^2 \\ &= 0.386 + 0.171 = 0.557 < 1.2 \quad \mathbf{O.K!!!} \end{aligned}$$

(10) 판의 최소두께 검토

인장(상부)플랜지 (☞ 도.설.기 3.8.3.1)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 32 \text{ mm} \quad \mathbf{0.K!!!}$$

$$t_{min} = 10 \text{ mm} \leq t = 34 \text{ mm} \quad \mathbf{0.K.} \quad (\text{합성형 스테드 설치})$$

압축(하부)플랜지 (☞ 도.설.기 3.4.2.2, 3.4.2.3 및 3.9.6)

$$t_{min} = \text{자유돌출폭} / 16 = 100 / 16 = 6.3 \text{ mm} \leq t = 34 \text{ mm} \quad \mathbf{0.K!!!}$$

$$t_{min} = b / (49 \cdot i \cdot n) = 2500 / (49 \times 1.00 \times 6) = 8.5 \text{ mm} \leq t = 34 \text{ mm} \quad \mathbf{0.K!!!}$$

복부판 수평보강재 사용단수 1 단 (☞ 도.설.기 3.8.4)

$$\text{합성전 } t_{min} = b / (219 \times 1.200) = 9.1 \text{ mm} \leq t = 14 \text{ mm} \quad \mathbf{0.K!!!}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190.0 / 72.380)} = 1.620 > 1.2 \Rightarrow 1.200$$

$$\text{합성후 } t_{min} = b / (219 \times 1.183) = 9.3 \text{ mm} \leq t = 14 \text{ mm} \quad \mathbf{0.K!!!}$$

$$\text{여기서, } \sqrt{(f_{ca}/f_c)} = \sqrt{(190.0 / 135.713)} = 1.183 < 1.2 \Rightarrow 1.183$$

(11) 항복에 대한 안전도 검사 (☞ 도.설.해(2003) 3.9.3.2)

$\Sigma f = 1.3 \times (\text{합성전 사하중 응력} + \text{합성후 사하중}) + 2.15 \times \text{활하중에 의한 응력(충격포함)}$
+ (크리프응력 변화량) + (건조수축응력변화량) + (온도차응력변화량) 의 조합 중에서
가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토

① 상부바닥판 REBAR

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_{rv} \times Y_{vru} = -21.956 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -44.009 - 21.956 = -22.053 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times -21.956 + 2.15 \times -22.053 + (-1.422) + (1.581) + (-19.327) \\ = -95.125 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad \mathbf{0.K!!!} \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times -21.956 + 2.15 \times -22.053 + (-19.327) \\ = -95.284 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad \mathbf{0.K!!!} \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

② 강재주형 상판

$$\text{합성전 사하중 응력} = -77.601 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_{rv} \times Y_{vsu} = -18.622 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = -114.926 - 77.601 - 18.622 = -18.703 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-77.601 + -18.622) + 2.15 \times -18.703 + (-1.972) + (2.416) + (-7.133) \\ = -171.990 \text{ MPa} < f_y = 315.0 \text{ MPa} \quad \mathbf{0.K!!} \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (-77.601 + -18.622) + 2.15 \times -18.703 + (-7.133) \\ = -172.434 \text{ MPa} < f_y = 315.0 \text{ MPa} \quad \mathbf{0.K!!} \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

③ 강재주형 하판

$$\text{합성전 사하중 응력} = 72.380 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 사하중 응력} = M_{sc} / I_{rv} \times Y_{vsl} = 19.100 \text{ MPa}$$

$$\text{합성후 활하중 응력} = 110.664 - 72.38 - 19.1 = 19.184 \text{ MPa}$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (72.38 + 19.1) + 2.15 \times 19.184 + (-8.194) + (11.867) + (21.376) \\ = 185.219 \text{ MPa} < f_y = 315.0 \text{ MPa} \quad \mathbf{0.K!!!} \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\Sigma f = 1.3 \times (72.38 + 19.1) + 2.15 \times 19.184 + (21.376) \\ = 181.545 \text{ MPa} < f_y = 315.0 \text{ MPa} \quad \mathbf{0.K!!!} \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})$$

- 항복에 대한 안전도 검사 결과 집계

구분		작용응력	항복응력	검토결과	
바닥판 콘크리트	크리프, 건조수축 포함시	-95.125	400.000	0.K!!!	4.20
	크리프, 건조수축제외시	-95.284	400.000	0.K!!!	4.19
상부플랜지	크리프, 건조수축 포함시	-171.990	315.000	0.K!!!	1.83
	크리프, 건조수축제외시	-172.434	315.000	0.K!!!	1.82
하부플랜지	크리프, 건조수축 포함시	185.219	315.000	0.K!!!	1.70
	크리프, 건조수축제외시	181.545	315.000	0.K!!!	1.73

6. 받침용량 검토

구분		고정하중	활하중		지점침하		거더 평균		받침용량
			MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	
A1	SH1	1131.657	699.473	-109.237	18.494	-18.493	1892.199	1048.283	2500
	SH2	1204.525	852.448	-81.642	18.806	-18.809			
	SH3	1196.447	536.253	-141.106	18.494	-18.493			
P1	SH1	4023.015	1527.164	-94.369	36.921	-36.921	5650.781	4021.730	7000
	SH2	4259.337	1654.185	-47.176	37.745	-37.745			
	SH3	4219.337	1157.719	-183.366	36.921	-36.921			
A2	SH1	1131.657	509.082	-41.157	18.494	-18.494	1638.345	1105.412	2500
	SH2	1204.525	415.678	-41.304	18.805	-18.806			
	SH3	1196.447	401.854	-78.138	18.494	-18.494			

7. 현장이음부 검토

7.1 현장이음의 설계

1) SPLICE - 2 [G3]

(강종 : SM490)

(도.설.해 3.3.2.1)

휨 모멘트(kN·m)		전 단 력(kN)		총비틀림 모멘트 M_t (kN·m)	상부FL. 응력 f_u (MPa)	하부FL. 응력 f_l (MPa)	허용휨 인장응력 f_{sa} (MPa)
합성전 M_s	합성후 M_v	합성전 V_s	합성후 V_v				
8,354.74	2,184.43	177.253	48.194	546.907	48.21	-50.30	190.00

사용BOLT : H.T.B (M22 F 10T) $\rho_{sa} = 48,000 \times 2 \text{면} = 96,000 \text{ N}$ (도.설.해 3.3.2.3)

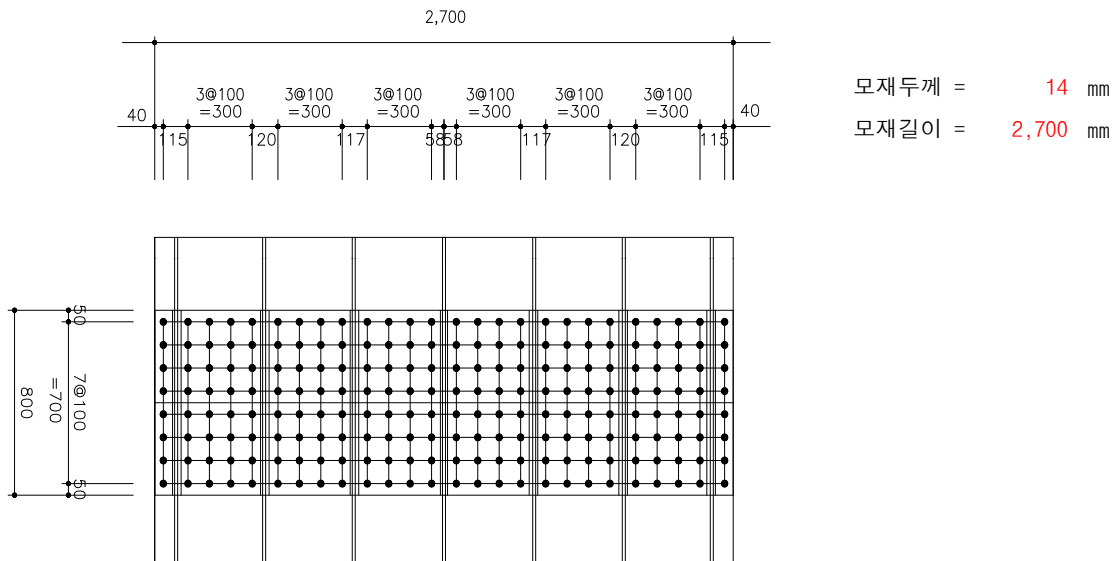
(1) 압축부 플랜지의 이음 : (상부 플랜지)

(도.설.해 3.5.3.6)

- 주요 부재의 연결은 적어도 모재의 전 강도의 75% 이상의 강도를 갖도록 설계하여야 한다. 다만, 전단력에 대해서는 작용응력을 사용하여 설계해도 좋다. (도.설.해 3.5.1.1, 3.5.3.2)

$$f_s = 48.208 \text{ MPa}$$

$$f_{s(min)} = 0.75 \times 190.0 = 142.5 \text{ MPa} \quad \therefore \text{이음부의 설계응력 (} f_u \text{) } f_s' = 142.5 \text{ MPa 적용}$$



① 필요 BOLT수의 결정

$$n_{req} = A_s \times f_s' / \rho_{sa} = 37,800.0 \times 142.5 / 96,000.0 = 57ea \Rightarrow n_t = 104ea \dots 0.K !!$$

② 이음판의 결정

- 필요 단면적 산정

$$A_{req} = A_s \times f_s' / f_{sa} = 37,800.0 \times 142.5 / 190.0 = 28,350.0 \text{ mm}^2$$

- 사용 이음판 전단면적 (A_{use})

$$1 \text{ PL} - 2,700 \times 14.0 \times 800 = 37,800.0$$

$$6 \text{ PL} - 380 \times 14.0 \times 800 = 31,920.0$$

$$2 \text{ PL} - 80 \times 14.0 \times 800 = 2,240.0$$

$$\Sigma = 71,960.0 \text{ mm}^2 \geq A_{req} \dots 0.K !!$$

- 이음판의 응력

$$f_s = A_s \times f_s' / A_{use} = 37,800.0 \times 142.5 / 71,960.0 = 74.9 \text{ MPa} \leq f_{sa} \dots 0.K !!$$

③ BOLT의 응력검토

(도.설.해 3.5.3.5)

- 축방향력 또는 전단력을 받는 판을 연결하는 경우의 BOLT 응력검토

$$\rho_n = P / n_t = 37,800.0 \times 142.5 / 104.0 = 51,793.3 \text{ N/ea} \leq \rho_{sa} \quad 0.K !!$$

- 휨에 의한 전단력을 받는 판을 수평방향으로 연결하는 BOLT의 응력검토

Q_s, Q_v : 합성전 및 합성후의 부재 총단면의 중립축에 대한 전단력을 계산하는 접합선

외측의 단면1차 모멘트

$$Q_s = 2,700.0 \times 14.0 \times (1,201.1 - 7.0) = 4.514E+07 \text{ mm}^3$$

$$Q_v = 2,700.0 \times 14.0 \times (570.3 - 7.0) = 2.129E+07 \text{ mm}^3$$

$$I_s = 2.069E+11 \text{ mm}^4 \text{ (합성전 부재 총단면의 중립축에 대한 단면2차 모멘트)}$$

$$I_v = 3.630E+11 \text{ mm}^4 \text{ (합성후 부재 총단면의 중립축에 대한 단면2차 모멘트)}$$

$$p = \text{플랜지 전폭} / \text{횡방향 BOLT수} = 2,700.0 / 26ea = 103.8 \text{ mm (볼트의 피치)}$$

$$n = 4ea \text{ (접합선에 직각방향의 볼트의 수)}$$

$$\rho_h = (V_s \cdot Q_s / I_s + V_v \cdot Q_v / I_v) \times p / n$$

$$= (177.3 \times 45,136,791.0 / 206,946,000,740.0 + 48.2$$

$$\times 21,292,740.0 / 362,991,023,595.0) \times (103.8 / 4.0) = 1,077.1 \text{ N/ea}$$

- 축방향력, 휨모멘트 및 전단력이 함께 작용하는 판을 연결할 경우의 BOLT 식

$$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_h^2)} = \sqrt{2.683E+09 + 1.160E+06} = 51,804.5 \text{ N/ea} \leq \rho_{sa} \dots 0.K !!$$

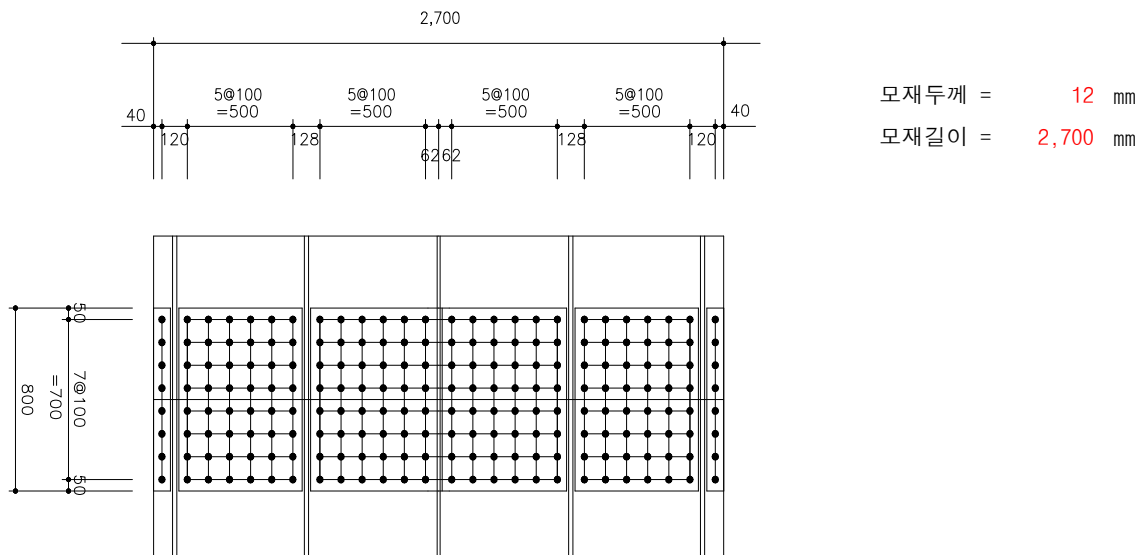
(2) 인장부 플랜지의 이음 : (하부 플랜지)

(도.설.해 3.5.3.6)

- 주요 부재의 연결은 적어도 모재의 전 강도의 75% 이상의 강도를 갖도록 설계하여야 한다. 다만, 전단력에 대해서는 작용응력을 사용하여 설계해도 좋다. (도.설.해 3.5.1.1, 3.5.3.2)

$$f_s = 50.299 \text{ MPa}$$

$$f_s' = 0.75 \times 190.0 = 142.5 \text{ MPa} \therefore \text{이음부의 설계응력} (f_l) = 142.5 \text{ MPa 적용}$$



① 필요 BOLT수의 결정

$$n_{req} = A_s \times f_s' / \rho_{sa} = 32,400.0 \times 142.5 / 96,000.0 = 49ea \Rightarrow n_t = 104ea \dots 0.K !!$$

② 이음판의 결정

- 필요 단면적 산정

$$A_{req} = A_s \times f_s' / f_{sa} = 32,400.0 \times 142.5 / 190.0 = 24,300.0 \text{ mm}^2$$

- 사용 이음판 전단면적 A_{use} ,

$$1 \text{ PL} - 2,700 \times 12.0 \times 800 = 32,400.0$$

$$4 \text{ PL} - 580 \times 12.0 \times 800 = 27,840.0$$

$$2 \text{ PL} - 80 \times 12.0 \times 800 = 1,920.0$$

$$\Sigma = 62,160.0 \text{ mm}^2$$

- 이음판의 순단면적 (인장부의 순단면적은 BOLT 지름 공제) (도.설.해 3.5.3.7)

$$A_n = 62,160.0 - 25.0 \times 12.0 \times 26.0 \text{열} \times 4ea = 30,960.0 \text{ mm}^2 \geq A_{req} \dots 0.K !!$$

- 이음판의 응력

$$f_s = A_s \times f_s' / A_n = 32,400.0 \times 142.5 / 30,960.0 = 149.1 \text{ MPa} \leq f_{sa} \dots 0.K !!$$

③ BOLT의 응력검토 (도.설.해 3.5.3.5)

- 축방향력 또는 전단력을 받는 판을 연결하는 경우의 BOLT 응력검토

$$\rho_p = P / n_t = 32,400.0 \times 142.5 / 104.0 = 44,394.2 \text{ N/ea} \leq \rho_{sa} \dots 0.K !!$$

- 휨에 의한 전단력을 받는 판을 수평방향으로 연결하는 BOLT의 응력검토

Q_s, Q_v : 합성전 및 합성후의 부재 총단면의 중립축에 대한 전단력을 계산하는 접합선

외측의 단면1차 모멘트

$$Q_s = 2,700.0 \times 12.0 \times (1,224.9 - 6.0) = 3.949E+07 \text{ mm}^3$$

$$Q_v = 2,700.0 \times 12.0 \times (1,855.7 - 6.0) = 5.993E+07 \text{ mm}^3$$

$$I_s = 2.069E+11 \text{ mm}^4 \text{ (합성전 부재 총단면의 중립축에 대한 단면2차 모멘트)}$$

$$I_v = 3.630E+11 \text{ mm}^4 \text{ (합성후 부재 총단면의 중립축에 대한 단면2차 모멘트)}$$

$$p = \text{플랜지전폭/횡방향1열BOLT수} = 2,700.0 / 26ea = 103.8 \text{ mm (볼트의 피치)}$$

$$n = 4ea \text{ (접합선에 직각방향의 볼트의 수)}$$

$$\rho_h = (V_s \cdot Q_s / I_s + V_v \cdot Q_v / I_v) \times p / n$$

$$= (177.3 \times 39,492,522.0 / 206,946,000,740.0 + 48.2$$

$$\times 59,930,280.0 / 362,991,023,595.0) \times (103.8 / 4.0) = 1,084.7 \text{ N/ea}$$

- 축방향력, 휨모멘트 및 전단력이 함께 작용하는 판을 연결할 경우의 BOLT 식

$$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_h^2)} = \sqrt{1.971E+09 + 1.177E+06} = 44,407.5 \text{ N/ea} \leq \rho_{sa} \dots 0.K !!$$

④ 모재의 응력검토

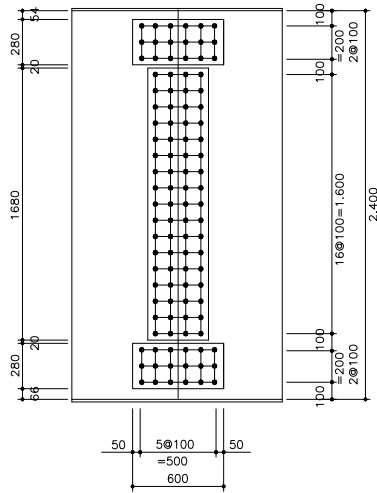
$$A_{sn} = 12.0 \times (2,700.0 - 25.0 \times 26.0) = 24,600.0 \text{ mm}^2$$

$$f_l = A_s \times f_s' / A_{sn} = 32,400.0 \times 142.5 / 24,600.0 = 187.7 \text{ MPa} \leq f_{sa} \dots 0.K !!$$

(3) WEB 연결부의 계산 : (좌측 WEB)

① BOLT의 응력계산

• 휨에 의한 BOLT의 응력



Box 평균 높이 = 2,400 mm

Box 계산 높이 = 2,400 mm

WEB 두께 = 10 mm

중립축에서 연단까지 거리 h_o = 1,200 mm

$$f_1 = f_u = 142.50 \text{ MPa}$$

$$f_2 = f_1 \cdot (h_o - 144) / h_o = 125.40 \text{ MPa}$$

$$f_3 = f_1 \cdot (h_o - 244) / h_o = 113.53 \text{ MPa}$$

$$f_4 = f_1 \cdot (h_o - 344) / h_o = 101.65 \text{ MPa}$$

$$f_5 = f_1 \cdot (h_o - 444) / h_o = 89.78 \text{ MPa}$$

$$f_6 = f_1 \cdot (h_o - 544) / h_o = 77.90 \text{ MPa}$$

$$\text{제1열 } \rho_p = (142.500 + 125.400) / 2 \times 144.0 \times 10.0 / 3ea = 64,296.0 \text{ N/ea} \leq \rho_{sa} \dots\dots 0.K !!$$

$$\text{제2열 } \rho_p = (125.400 + 113.525) / 2 \times 100.0 \times 10.0 / 3ea = 39,820.8 \text{ N/ea} \leq \rho_{sa} \dots\dots 0.K !!$$

$$\text{제3열 } \rho_p = (113.525 + 101.650) / 2 \times 100.0 \times 10.0 / 3ea = 35,862.5 \text{ N/ea} \leq \rho_{sa} \dots\dots 0.K !!$$

$$\text{제4열 } \rho_p = (101.650 + 89.775) / 2 \times 100.0 \times 10.0 / 2ea = 47,856.3 \text{ N/ea} \leq \rho_{sa} \dots\dots 0.K !!$$

$$\text{제5열 } \rho_p = (89.775 + 77.900) / 2 \times 100.0 \times 10.0 / 2ea = 41,918.8 \text{ N/ea} \leq \rho_{sa} \dots\dots 0.K !!$$

$$\sum y_i^2 = 3\text{열} \times 3056108 \times 2 + 2\text{열} \times 2083488 \times 2 = 26,670,600 \text{ mm}^2$$

$$M_w = (f_s \times t_w \times h_w^2) / 6 = (142.5 \times 10 \times 2400^2) / 6 = 1,368,000,000 \text{ Nmm} = 1,368,000 \text{ kNmm}$$

$$\rho_p = (M_w / \sum y_i^2) \times y_n = (1368000 / 26670600) \times 1200 = 61.551 \text{ kN} < 96.000 \text{ kN} \quad 0.K!!!$$

- 전단력에 의한 BOLT의 응력 (도.설.해 3.8.2.3)

∴ 전단응력 $\sigma = V / A_w + M_t / (2 \cdot F \cdot t_w)$ [비틀림 모멘트 고려시]

- 한쪽 복부판이 부담하는 전단력 : $(V_s + V_v) / 2 = (177.3 + 48.2) / 2 = 112,723.5 \text{ N}$
- 비틀림 모멘트에 의한 복부의 전단력 : $M_t / (2 \cdot b) = 546.9 / (2 \times 400) = 683,633.8 \text{ N}$

따라서, 전단력에 의한 볼트의 응력은

$$\rho_s = (112,723.5 + 683,633.8) / 52ea = 15,314.6 \text{ N/ea} \leq \rho_{sa} \dots 0.K !!$$

- 합성 응력의 검토

$$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_s^2)} = \sqrt{(64,296.0^2 + 15,314.6^2)} = 66,094.7 \text{ N/ea} \leq \rho_{sa} \dots 0.K !!$$

② 이음판의 응력계산

- 복부판의 단면2차 모멘트

- 합성전 단면2차 모멘트

$$I_{sw}^1 = (10.0 \times 2,400.0^3) / 12 + 10.0 \times 2,400.0 \times (1,200.0 - 1,224.9)^2 = 1.153E+10 \text{ mm}^4$$

- 합성후 단면2차 모멘트

$$I_{vw}^1 = (10.0 \times 2,400.0^3) / 12 + 10.0 \times 2,400.0 \times (1,855.7 - 1,200.0)^2 = 2.184E+10 \text{ mm}^4$$

- 복부판에 작용하는 모멘트

- 복부에 작용하는 합성전 고정하중에 의한 모멘트

$$M_{sw} = M_s \times I_{sw}^1 / I_s = 8,354.7 \times 11,534,886,216.6 \times 206,946,000,740.0 = 465.7 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

- 복부에 작용하는 합성후 하중에 의한 모멘트

$$M_{vw} = M_v \times I_{vw}^1 / I_v = 2,184.4 \times 21,838,619,760.0 \times 362,991,023,595.0 = 131.4 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

- 복부 이음판의 단면2차모멘트

규격	$A_s(\text{mm}^2)$	$Y(\text{mm})$	$A_s \cdot Y(\text{mm}^3)$	$A_s \cdot Y^2(\text{mm}^4)$	$I_{xo}(\text{mm}^4)$
4 - 280.0 × 10.0	11,200.0	1,006.0	1.127E+07	1.133E+10	7.317E+07
2 - 1,680.0 × 10.0	33,600.0	-	-	-	7.903E+09
합계	44,800.0	1,006.0	1.127E+07	1.133E+10	7.976E+09

$$I = I_o + AY^2 = 7,975,893,333.3 + 11,334,803,200.0 = 1.931E+10 \text{ mm}^4$$

- 합성전 단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

$$I_{sw} = 19,310,696,533.3 + 44,800.0 \times (1,200.0 - 1,224.9)^2 = 1.934E+10 \text{ mm}^4$$

- 합성후 단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

$$I_{vw} = 19,310,696,533.3 + 44,800.0 \times (1,855.7 - 1,200.0)^2 = 3.857E+10 \text{ mm}^4$$

- 이음판의 응력 검토

- 합성전 단면의 중립축에서 이음판 상·하연까지의 거리

$$y_{su} = 1,201.1 \text{ mm} \quad y_{sl} = 1,224.9 \text{ mm}$$

- 합성후 단면의 중립축에서 이음판 상·하연까지의 거리

$$y_{su,v} = 570.3 \text{ mm} \quad y_{sl,v} = 1,855.7 \text{ mm}$$

- 이음판의 상연 응력 검토

$$\begin{aligned} f_u &= (M_{sw} \cdot y_{su}) / I_{sw} + (M_{vw} \cdot y_{su,v}) / I_{vw} \\ &= (465.7 \times 1,201.1) / 19,338,484,137.7 + (131.4 \times 570.3) / 38,572,120,085.3 \\ &= 28.923 + 1.943 = 30.866 \text{ MPa} \leq f_{sa} = 190.000 \text{ MPa} \dots 0.K !! \end{aligned}$$

- 이음판의 하연 응력 검토

$$\begin{aligned} f_l &= (M_{sw} \cdot y_{sl}) / I_{sw} + (M_{vw} \cdot y_{sl,v}) / I_{vw} \\ &= (465.7 \times 1,224.9) / 19,338,484,137.7 + (131.4 \times 1,855.7) / 38,572,120,085.3 \\ &= 29.496 + 6.323 = 35.819 \text{ MPa} \leq f_{sa} = 190.000 \text{ MPa} \dots 0.K !! \end{aligned}$$

8. 피로검토 (도.설 3.3.4.1)

가) 응력반복횟수

부재 및 하중구분 도로의 종류	종방향 주부재		횡방향 부재	비 고
	트럭하중	차선하중	트럭하중	
고속도로, 국도 주간선 도로	2 백만	50 만	2 백만 이상	
기 타 도 로	10 만	10 만	50 만	

나) 허용응력 범위 fsr (MPa)

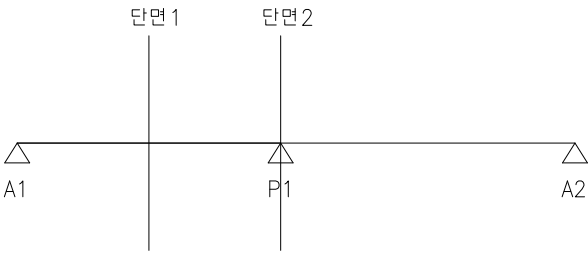
응 력 범 주	다재하 경로구조				단재하 경로구조			
	10 만회	50 만회	200 만회	200 만회이상	10 만회	50 만회	200 만회	200 만회이상
A	442	260	168	168	351	203	168	168
B	344	203	126	112	274	161	112	112
B'	274	161	101	84	218	126	77	77
C	250	147	91	70	196	112	70	63
				84*			84*	77*
D	196	112	70	49	154	91	56	35
E	154	91	56	31	119	70	42	16
E'	112	64	40	18	84	49	28	9
F	105	84	63	56	84	63	49	42

주 : * 는 거더 복부판과 플랜지의 수직보강재 용접의 경우

다) 피로조사위치 및 응력범주의 설정

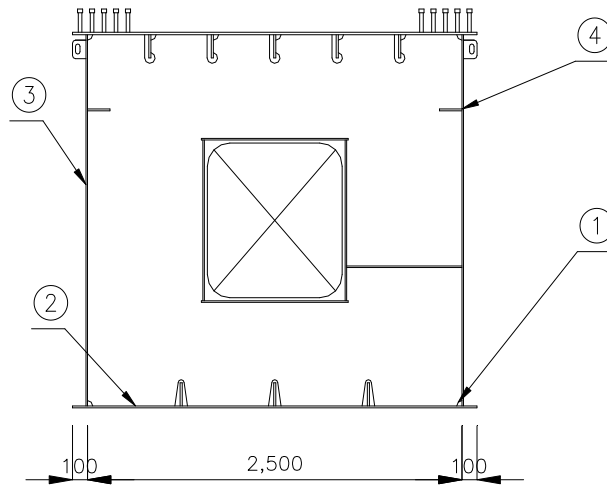
활하중에 의한 모멘트의 변동범위가 큰 단면에서 인장응력 및 교번응력이 발생하는 상세부에 대하여 피로검토를 수행 한다.

- 피로조사 단면위치



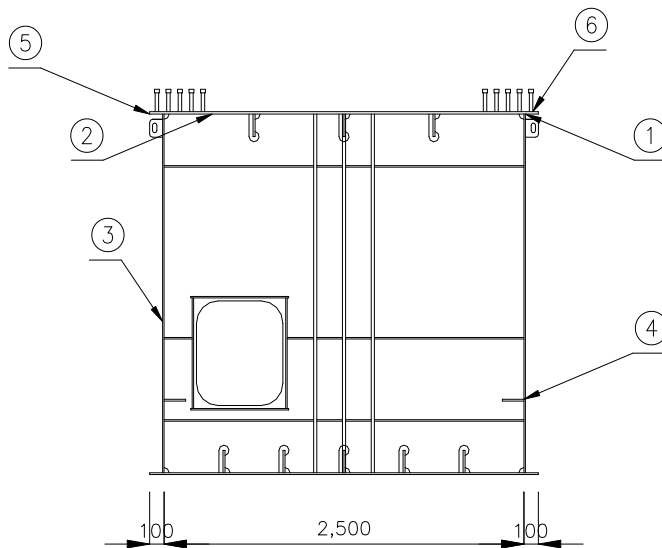
본 교량은 **고속도로** 에 속하는 **다재하경로** 구조로서 트럭하중 2백만회 와 차선하중 50만회 에 대하여 검토 하는 것으로 한다.

단면 I



구분	상 세	응 력 범 주	fsr (MPa)		비 고
			DB 하중	DL 하중	
①	플랜지와 복부판의 연속 필릿 용접부	B	126	203	
②	인장측 플랜지와 다이어프램의 필릿 용접부	C	91	147	
③	복부판에 부착된 가로보 연결용 거셋판 용접 끝부분	E	56	91	
④	수평보강재 용접 끝부분	E	56	91	

단면 II



구분	상 세	응 력 범 주	fsr (MPa)		비 고
			DB 하중	DL 하중	
①	플랜지와 복부판의 연속 필릿 용접부	B	126	203	
		F	63	84	전단피로검토
②	인장측 플랜지와 다이어프램의 필릿 용접부	C	91	147	
③	복부판에 부착된 가로보 연결용 거셋판 용접 끝부분	E	56	91	
④	수평보강재 용접 끝부분	E	56	91	
⑤	인장측 플랜지에 부착된 가로보 거셋판 용접 끝부분	E	56	91	
⑥	스터드에 인접한 인장측 플랜지부	C	91	147	

라) 설계피로응력

· 휨모멘트에 대한 피로검토

여기서, Δf : 설계피로응력범위 (최대응력과 최소응력의 차)

$$\Delta f = \frac{\Delta M}{I_v} y$$

$\Delta M = M_{\max} - M_{\min}$ (4.4 라.피로하중 작용범위 참조)

I_v : 합성후 단면의 단면2차 모멘트

y : 합성후 단면 도심으로부터의 거리

단면 I

구분	ΔM (KN · m)		I_v (mm ⁴)	y (mm)	Δf (MPa)		응 력 범 주	f_{sr} (MPa)		비 고
	DB 하중	DL 하중			DB 하중	DL 하중		DB 하중	DL 하중	
①	5972.688	6304.269	3.630E+11	1877	30.879	32.594	B	126	203	O.K.
②				1877	30.879	32.594	C	91	147	O.K.
③				965	15.881	16.763	E	56	91	O.K.
④				44	0.718	0.758	E	56	91	O.K.

단면 II

구분	ΔM (KN · m)		I_v (mm ⁴)	y (mm)	Δf (MPa)		응 력 범 주	f_{sr} (MPa)		비 고
	DB 하중	DL 하중			DB 하중	DL 하중		DB 하중	DL 하중	
①	3435.209	7149.252	3.066E+11	1236	13.851	28.825	B	126	203	O.K.
②				1236	13.851	28.825	C	91	147	O.K.
③				337	3.775	7.857	E	56	91	O.K.
④				745	8.342	17.362	E	56	91	O.K.
⑤				1164	13.040	27.139	E	56	91	O.K.
⑥				1196	13.399	27.885	C	91	147	O.K.

· 전단에 대한 피로검토 - 플랜지와 복부판의 필릿용접부에 대한 전단피로검토

이 부위의 피로상세범주는 "F" 이며, 검토 단면은 전단력이 가장 큰 절점 171 을 설정 하였음

$$\Delta \sigma = \frac{\Delta S \cdot Q}{I_v \cdot \Sigma a}$$

여기서, $\Delta \sigma$: 설계전단피로응력범위 (최대응력과 최소응력의 차)

$\Delta S = S_{max} - S_{min}$ (4.4 라.피로하중 작용범위 참조)

Q : 용접선 외측 플랜지의 총단면의 중립축에 관한

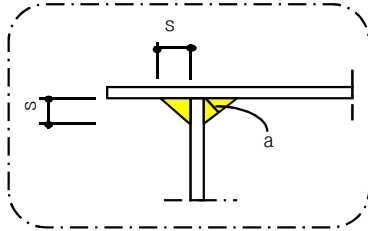
단면 1차 모멘트 ($\text{mm}^3 = A(\text{mm}^2) \cdot y(\text{mm})$)

$y = Y_{vsu}(l) - t_u(l)/2$

I_v : 합성후 단면의 단면2차 모멘트

Σa : 필릿 용접의 목두께의 합 ($\text{mm} = 4EA \times s / \sqrt{2}$)

s : 필릿 용접 치수 (mm)



- 상부 플랜지와 복부판

구분	ΔS (kN)	t_u (mm)	B (mm)	A (mm^2)	Y_{vsu} (mm)	Q (mm^3)	I_v (mm^4)	s (mm)	Σa (mm)	$\Delta \sigma$ (MPa)	σ_{sr} (MPa)	비고
DB하중	1668.709	32	2500	80000	543	4.329E+07	#####	8	22.6	8.7	63	OK
DL하중	1675.616									8.7	84	OK

- 하부 플랜지와 복부판

구분	ΔS (kN)	t_l (mm)	B (mm)	A (mm^2)	Y_{vsl} (mm)	Q (mm^3)	I_v (mm^4)	s (mm)	Σa (mm)	$\Delta \sigma$ (MPa)	σ_{sr} (MPa)	비고
DB하중	1668.709	34	2500	85000	1897	1.611E+08	#####	10	28.3	25.8	63	OK
DL하중	1675.616									25.9	84	OK